



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA AGUA DE
LAS MINAS Y DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS
HACIA LA ALDEA DE CALDERAS, AMATITLÁN, GUATEMALA**

Katherin Paola Lima España

Asesorado por el Ing. Angel Roberto Sic García

Guatemala, abril de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA AGUA DE
LAS MINAS Y DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS
HACIA LA ALDEA DE CALDERAS, AMATITLÁN, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

KATHERIN PAOLA LIMA ESPAÑA
ASESORADO POR EL ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

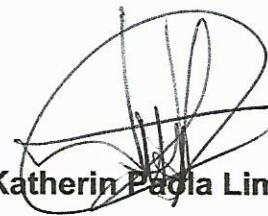
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Angel Roberto Sic García
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS HACIA LA ALDEA DE CALDERAS, AMATITLÁN, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 11 de marzo de 2014.



Katherin Paola Lima España



Guatemala, 10 de febrero de 2015
Ref.EPS.DOC.103.02.15

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Katherin Paola Lima España** con carné No. **200723321**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS HACIA LA ALDEA DE CALDERAS, AMATITLÁN, GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Ángel Roberto Sic García
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
ARSG/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
23 de febrero de 2015

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS HACIA LA ALDEA DE CALDERAS, AMATITLÁN, GUATEMALA, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Katherin Paola Lima España, con Carnet No. 200723321, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

YO Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

Más de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
10 de marzo de 2015

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS HACIA LA ALDEA DE CALDERAS, AMATITLÁN, GUATEMALA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Katherin Paola Lima España, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS :


Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 12 de marzo de 2015
Ref.EPS.D.125.03.15

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS HACIA LA ALDEA DE CALDERAS, AMATITLÁN, GUATEMALA**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Katherin Paola Lima España, carné 200723321**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor – Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación de la estudiante Katherin Paola Lima España, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS HACIA LA ALDEA DE CALDERAS, AMATITLÁN, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

[Handwritten Signature]
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2015.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA AGUA DE LAS MINAS Y DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS HACIA LA ALDEA DE CALDERAS AMATITLÁN, GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria: **Katherin Paola Lima España**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Angel Roberto Sic García
Decano



Guatemala, abril 2015

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser quien me da la vida y las fuerzas cada mañana y quien no me ha dejado desmayar. "Reconoced que Jehová es Dios; Él nos hizo, y no nosotros a nosotros mismos..." Salmos 100:3.
- Mis padres** Edwin Lima y Elvira España porque siempre han sido un ejemplo de superación en mi vida.
- Mis hermanos** Andrea y Fernando Lima España, porque sin ustedes no fuera quien soy. Gracias por crecer junto a mi y ser los mejores amigos que Dios me dio.
- Mi familia** Gracias por las muestras de cariño hacia mi persona, y porque siempre se han preocupado por mi bienestar.
- Mis amigos** No me alcanzaría este papel para mencionar a cada uno. Gracias por ser esa familia que Dios puso en mi camino. Sin ustedes no habría tenido aventuras.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la paciencia y sabiduría para cumplir mi meta.
Mis padres	Porque nunca dejaron de creer en mí, de aconsejarme y apoyarme en mis metas.
Mis hermanos	Andrea y Fernando Lima, Claudia y Byron Rodríguez gracias por su amor y por ser buena influencia en mi vida.
Mis amigos	Por todos los momentos de alegría que hemos compartido y por los que falta por compartir.
Universidad de San Carlos	Por haberme brindado los conocimientos y la oportunidad de culminar mis estudios universitarios.
Facultad de Ingeniería	Por permitir mi formación como profesional.
Municipalidad de Amatitlán	Por el apoyo brindado durante el ejercicio profesional supervisado.
Mi asesor de tesis	Ing. Angel Sic, por su gran apoyo y valiosa asesoría a lo largo de este camino.

Ing. Juan Merck

Por ser otro apoyo más en esta meta trazada.

Erick Méndez

Gracias por tu compañía en este largo camino,
tus consejos y por ser de bendición en mi vida.

David Solís

Gracias por todas las veces que me brindó su
tiempo, consejos y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía de las aldeas Agua de las Minas y Calderas.....	1
1.1.1. Aspectos generales	1
1.1.2. Localización	2
1.1.3. Ubicación.....	3
1.1.4. Aspectos topográficos	4
1.1.5. Vías de acceso	4
1.1.6. Clima	5
1.1.7. Colindancias	7
1.1.8. Demografía.....	7
1.1.9. Población.....	8
1.1.10. Distribución de viviendas.....	9
1.1.11. Tipología de viviendas	9
1.1.12. Idioma.....	9
1.1.13. Aspectos económicos.....	10
1.1.14. Servicios existentes	10

1.2.	Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de las aldeas Agua de las Minas y Calderas.....	12
1.2.1.	Descripción de las necesidades	13
1.2.2.	Priorización de las necesidades	13
2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA AGUA DE LAS MINAS DEL MUNICIPIO DE AMATITLÁN... ..	15
2.1.	Descripción del proyecto	15
2.2.	Aspectos preliminares	15
2.3.	Levantamiento topográfico	16
2.4.	Diseño del sistema	16
2.4.1.	Descripción del sistema a utilizar	16
2.4.2.	Diseño hidráulico	17
2.4.2.1.	Período de diseño	18
2.4.2.2.	Población de diseño	18
2.4.2.3.	Dotación de agua potable.....	19
2.4.2.4.	Factor de retorno.....	19
2.4.2.5.	Factor de flujo instantáneo	19
2.4.2.6.	Caudal sanitario	20
2.4.2.6.1.	Caudal domiciliar.....	21
2.4.2.6.2.	Caudal de infiltración.....	21
2.4.2.6.3.	Caudal por conexiones ilícitas	22
2.4.2.6.4.	Caudal comercial e industrial.....	23
2.4.2.7.	Factor de caudal medio	23
2.4.2.8.	Caudal de diseño	24
2.4.2.9.	Diseño de secciones y pendientes	25

2.4.2.10.	Selección del tipo de tubería.....	26
2.4.2.11.	Velocidades máximas y mínimas.....	26
2.4.2.12.	Tirante (profundidad de flujo).....	27
2.4.2.13.	Cotas invert.....	31
2.4.2.14.	Diámetro de tuberías	33
2.4.2.15.	Profundidad de tuberías	33
2.4.2.16.	Estructuras complementarias	34
	2.4.2.16.1. Pozos de visita	35
	2.4.2.16.2. Conexiones domiciliarias.....	36
2.4.2.17.	Volumen de excavación.....	37
2.4.2.18.	Propuesta de tratamiento	43
	2.4.2.18.1. Diseño de fosa séptica	43
	2.4.2.18.2. Dimensionamiento de los pozos de absorción.....	44
2.4.2.19.	Plan de operación y mantenimiento del sistema.....	44
2.4.3.	Elaboración de planos	46
2.4.4.	Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario	46
2.4.5.	Evaluación socioeconómica.....	49
	2.4.5.1. Valor presente neto	49
	2.4.5.2. Tasa interna de retorno	51
2.4.6.	Estudio de impacto ambiental.....	52

3.	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS HACIA LA ALDEA DE CALDERAS DEL MUNICIPIO DE AMATITLÁN	55
3.1.	Descripción del proyecto y criterios de diseño	55
3.2.	Preliminar de campo	55
3.2.1.	Reconocimiento.....	56
3.2.2.	Levantamiento topográfico	56
3.3.	Dibujo preliminar	56
3.3.1.	Planimétrico.....	57
3.3.2.	Altimétrico.....	57
3.3.3.	Curvas de nivel.....	58
3.4.	Diseño de localización.....	58
3.4.1.	Corrimiento de líneas	58
3.4.2.	Cálculo de elementos de curva horizontal.....	59
3.4.3.	Diseño de subrasante y cálculo de curvas verticales	63
3.5.	Movimiento de tierra.....	68
3.5.1.	Área de secciones transversales.....	68
3.5.2.	Volúmenes de tierra	69
3.5.3.	Balance y diagrama de masas	73
3.6.	Determinación de la calidad del suelo.....	74
3.6.1.	Ensayos de laboratorio.....	74
3.6.1.1.	Límites de Atterberg	74
3.6.1.2.	Granulometría	76
3.6.1.3.	CBR.....	77
3.6.1.4.	Proctor.....	78
3.6.2.	Criterios para definir la capa de rodadura	79
3.7.	Diseño de pavimento.....	79
3.7.1.	Método a utilizar	80

3.7.2.	Diseño de juntas	88
3.7.3.	Diseño de mezcla	89
3.8.	Drenajes	95
3.8.1.	Drenaje longitudinal	95
3.8.2.	Drenaje transversal.....	101
3.9.	Elaboración de planos del proyecto.....	105
3.10.	Presupuesto	105
3.10.1.	Cuantificación de cantidades de trabajo	105
3.10.2.	Integración de precios unitarios	106
3.10.3.	Resumen de presupuesto.....	106
3.11.	Cronograma de ejecución física y financiera	108
3.12.	Evaluación de impacto ambiental (inicial).....	108
CONCLUSIONES		111
RECOMENDACIONES.....		113
BIBLIOGRAFÍA.....		115
APÉNDICE.....		117
ANEXOS		141

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del proyecto de alcantarillado	2
2.	Ubicación del proyecto de pavimento.....	3
3.	Gráfica temperatura máxima y mínima, humedad porcentual y precipitación anual de Amatitlán	6
4.	Detalle de cotas invert.....	31
5.	Partes de un pozo de visita	36
6.	Elementos de la curva circular	60
7.	Elementos de la curva vertical	64
8.	Elementos de la subrasante.....	67
9.	Área de sección mixta	69
10.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra.....	70
11.	Cálculo de distancia de paso	71
12.	Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos	82
13.	Sección de cuneta.....	99
14.	Mapa de la cuenca de drenaje crítico.....	102

TABLAS

I.	Población aldea Agua de las Minas	8
II.	Velocidades máximas y mínimas	27
III.	Relaciones hidráulicas para sección circular.....	29
IV.	Profundidades mínimas de tubería PVC	34
V.	Costos por mantenimiento	45

VI.	Factores utilizados	48
VII.	Cuadro resumen de presupuesto del drenaje sanitario	49
VIII.	Valor K para curvas cóncavas y convexas	66
IX.	Calidad de subrasante en función del CBR	78
X.	Espesor de capa base	81
XI.	Categorías de tráfico en función de cargas por eje	84
XII.	Clasificación funcional de las carreteras regionales	85
XIII.	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K	86
XIV.	Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de MR y K.....	88
XV.	Revenimiento	90
XVI.	Relación de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados.....	91
XVII.	Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos de los agregados	91
XVIII.	Porcentaje de arena sobre agregado grueso.....	93
XIX.	Relación de mezcla.....	94
XX.	Proporción volumen	95
XXI.	Coeficiente de escorrentía	97
XXII.	Tiempo de concentración.....	98
XXIII.	Resumen del presupuesto para el pavimento.....	107
XXIV.	Cronograma de ejecución.....	108

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AF	Agregado fino
AG	Agregado grueso
H	Altura
a	Ancho
A	Área
b	Base
Q	Caudal a sección llena
qinf	Caudal de infiltración
Qdom	Caudal domiciliar
Qm	Caudal medio
Qci	Caudal por conexiones ilícitas
q	Caudal real a sección parcialmente llena
cm	Centímetro
n	Coefficiente de Manning
y	Corrección vertical
c	Corte
CIE	Cota Invert Entrada
CIS	Cota Invert Salida
CM	Cuerda Máxima
Δ	Delta
\emptyset	Diámetro
D	Diámetro del tubo
D	Distancia

Dp	Distancia de paso
Dr	Distancia de relleno
De	Distancia entre estaciones
t	Espesor de la losa de concreto del pavimento (carpeta de rodadura).
E	External
fqm	Factor de caudal medio
FH	Factor de Harmon
G	Grado de curvatura
°	Grados
hab	Habitantes
Ha	Hectáreas
Hop	Humedad óptima
IP	Índice plástico
I	Intensidad de lluvia
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/cm³	Kilogramo por centímetro cúbico
km	Kilómetro
LC	Largo de Curvatura
LCV	Largo de Curvatura Vertical
lb	Libra
lb/pie³	Libra por pie cúbico
lb/plg²	Libra por pulgada cuadrada
LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
l/hab/día	Litros por habitante por día
l	Litros
l/s	Litros por segundo
L	Longitud

m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³/s	Metros cúbicos por segundo
m/s	Metros por segundo
mm	Milímetro
mm/h	Milímetros por hora
min	Minutos
K	Módulo de ruptura del concreto
Nohab	Número de habitantes
π	Número PI,3,141592654
OM	Ordenada Media
S%	Pendiente en porcentaje
PV	Peso volumétrico
Pie³	Pie cúbico
Pf	Población futura
Po	Población inicial
%	Porcentaje
PV1	Pozo de visita
PC	Principio de Curva
PCV	Principio de Curva Vertical
PT	Principio de Tangencia
PTV	Principio de Tangencia Vertical
Plg	Pulgada
PI	Punto de Inflexión
PIV	Punto de Inflexión Vertical
PO	Punto observado
R	Radio
d/D	Relación de alturas
a/A	Relación de áreas

q/Q	Relación de caudales
v/V	Relación de velocidades
r	Relleno
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
SNM	Sobre el nivel del mar
ST	Subtangente
d	Tirante de agua dentro del tubo
TPDC	Tráfico Promedio Diario Anual
¾"	Tres cuartos de pulgada
VPb	Valor presente beneficios
VPc	Valor presente costos
VPN	Valor presente neto
Vs	Valor soporte del suelo
v	Velocidad de diseño a sección parcialmente llena
V	Velocidad de sección llena
Vmax	Velocidad máxima

GLOSARIO

AASHTO	American Association of Highways and Transportation Officials.
Abrasión	Es el desgaste producido a un material por acción de fricción.
Aforo vehicular	Método estadístico que tiene como finalidad la determinación del número de vehículos que transitan en un lugar determinado durante un tiempo estimado.
Agregado	Materiales inertes de determinadas características que conforman el concreto, excluyendo el agua.
Agregado fino	Agregado del concreto que sus partículas tienen un diámetro entre 0,074 y 4,76 milímetros (arena).
Agregado grueso	Agregado que sus partículas tienen un diámetro que varía entre 4,77 y 19,10 milímetros. Normalmente es llamado pedrín o grava.
Aguas negras	El agua que se desecha, después de haber servido para un fin, puede ser doméstica, comercial o industrial.

Alcantarillado sanitario	Sistema que se utiliza para conducir únicamente aguas negras o servidas.
Altimetría	Rama de la topografía que estudia los métodos que tienen como finalidad la representación de las alturas de los puntos de un terreno.
Anaeróbico	Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre.
Arcilla	Tipo de suelo impermeable y plástico. Partículas de suelo de diámetro menor de 0,002 milímetros.
Arena	Partículas de suelo de diámetro entre 0,074 y 4,76 milímetros.
Asentamiento	Es el descenso de nivel que presenta una estructura debido al hundimiento del suelo.
Base	Capa de material seleccionado de granulometría específica que se construye sobre la subbase.
Bombeo	Pendiente transversal descendente de la corona o subcorona, a partir de su eje o línea central, hacia ambos lados en tangente horizontal.
CA	Ruta Centroamericana.

Candela	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
Caudal	Volumen por unidad de tiempo.
Caudal de infiltración	Cantidad de volumen de agua subterránea que se infiltra dentro del sistema de drenajes, debido al nivel de la capa freática.
Cemento	Aglomerante hidráulico, es decir que reacciona y fragua con agua, utilizado en el concreto. Su función es aglomerar o pegar los agregados del concreto.
Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras o aguas de lluvia (pluviales).
Cota invert	Cota de la parte inferior interna de una tubería.
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
Densidad	Relación entre la masa de un material y el volumen.
Dotación	Cantidad de agua que una persona necesita por día para satisfacer sus necesidades.

Factor de retorno	Factor que indica la relación que existe entre la cantidad de agua que consume al día y la dotación destinada a cada persona, puede variar este factor en función del clima de la región en estudio.
Fraguado del concreto	Es el cambio del estado plástico al estado sólido del concreto.
IGN	Instituto Geográfico Nacional.
INE	Instituto Nacional de Estadística de Guatemala.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Losa	Estructura plana de concreto con grosor específico, utilizada para soportar cargas verticales.
Pavimento rígido	Es un pavimento de concreto de cemento hidráulico, diseñado para resistir cargas e intensidad de tránsito.
Período de diseño	Tiempo durante el cual un sistema dará un servicio satisfactorio a la población.
Permeabilidad	Propiedad que tienen los suelos de dejar pasar el agua a través de sus poros.
Pozo de visita	Una estructura que forma parte de un alcantarillado y tiene por objeto dar inspección, limpieza y ventilación al sistema.

PVC	Material fabricado a base de Cloruro de Polivinilo.
Relaciones hidráulicas	Relación que existe entre cada uno de los parámetros de diseño a sección llena y los parámetros de diseño a sección parcialmente llena, las cuales deben cumplir con ciertas condiciones para que las tuberías no trabajen a sección llena.
Subrasante	Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento que se extiende hasta una profundidad tal que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.
Tangentes	Son las proyecciones sobre un plano horizontal de las rectas que unen una curva. La longitud es la distancia que une la curva anterior y el principio de la siguiente.
Tirante	Altura de las aguas negras dentro de la alcantarilla.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene el diseño del sistema de drenaje sanitario para la aldea Agua de las Minas y del pavimento rígido de las aldeas Mesillas Bajas hacia Calderas. Se estructura en los siguientes capítulos.

En el capítulo uno se presenta un informe amplio sobre las características de las áreas de estudio. Esta información permitió conocer las necesidades básicas del municipio con el objetivo de presentar posibles soluciones. Así como el estudio de los aspectos socioeconómicos y culturales del lugar permitió tomar la decisión de optar por desarrollar dos proyectos, los cuales benefician en forma significativa al municipio.

En los capítulos dos y tres se presenta el diseño del alcantarillado sanitario y la pavimentación para las aldeas antes mencionadas, conteniendo en cada caso la memoria de cálculo y la metodología utilizada. Al final del trabajo se presentan los cálculos y los planos correspondientes.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Agua de las Minas y del pavimento de la aldea Mesillas Bajas hacia la aldea de Calderas, Amatitlán, Guatemala.

Específicos

1. Desarrollar una investigación monográfica y un diagnóstico sobre los problemas de infraestructura y las necesidades de servicios básicos existentes en el municipio de Amatitlán, Guatemala.
2. Desarrollar dos proyectos completos que contengan juegos de planos, presupuestos y cronogramas que detallen la cantidad, características y dimensiones del sistema de alcantarillado sanitario y del pavimento rígido.
3. Capacitar a los miembros del COCODE de las aldeas del municipio sobre aspectos de operación y mantenimiento de los proyectos.
4. Mejorar la calidad de vida de los pobladores beneficiados por los dos proyectos.

INTRODUCCIÓN

Es obligación de la municipalidad y del consejo municipal velar por el bienestar de su comunidad. La administración debe tomar en cuenta el ornato del municipio y la calidad de vida de sus habitantes; para este aspecto se considera la planificación y ejecución de proyectos de urbanización que garanticen el desarrollo y el estado de buena salud de la población.

Los proyectos de urbanización y mejoramiento de la calidad de vida incluyen agua potable, electricidad, carreteras, alcantarillados sanitarios, pluviales, entre otros.

El presente trabajo consta de dos fases; la primera es la investigación diagnóstica, sobre necesidades de los servicios básicos e infraestructura en el municipio de Amatitlán, con el fin de proponer a la corporación municipal una obra de infraestructura que beneficie a la población.

La segunda, de servicio técnico profesional, describe las características y desarrollo de la propuesta de solución para los proyectos, los cuales consisten en el diseño del sistema sanitario de la aldea Agua de las Minas y pavimentación de la carretera para la aldea Mesillas Bajas hacia la aldea de Calderas, Amatitlán, Guatemala.

Estos proyectos tienen como fin primordial el evitar la proliferación de enfermedades causadas por la falta de servicios adecuados para la población, como también mejorar la circulación de vehículos y de personas en las calles principales de la aldea.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de las aldeas Agua de las Minas y Calderas

El municipio de Amatitlán se localiza a 27 kilómetros al sur de la ciudad de Guatemala. Está integrado por 14 aldeas de las cuales se presentan los datos generales para las aldeas de interés.

1.1.1. Aspectos generales

Amatitlán estuvo inicialmente asentado en el valle Pampichí o Pampichín, que en la actualidad da lugar a la aldea Belén. Por esta razón, el Niño de Amatitlán venerado por la población es llamado Niño de Belén. Posteriormente, la población fue trasladada a Tzacualpa, ubicado supuestamente al oriente del actual Amatitlán, llegando a extenderse desde el nacimiento del río Michatoya, hasta el puente La Gloria.

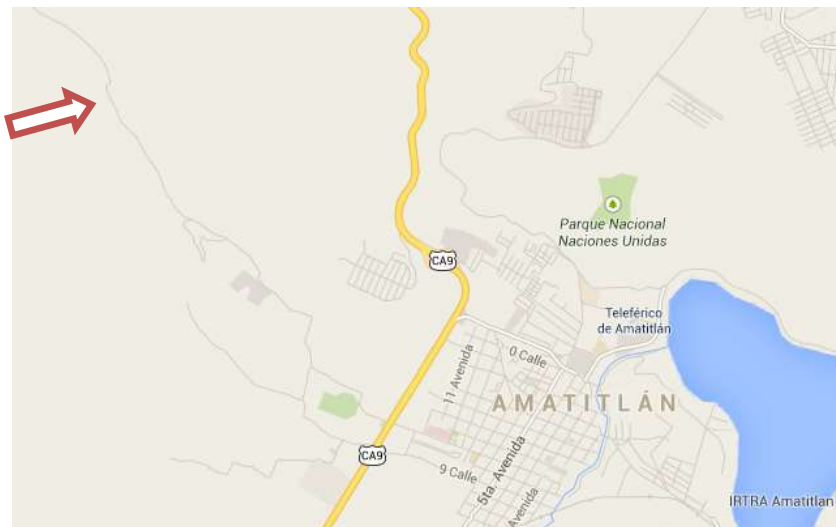
- La aldea Agua de las Minas, caserío del departamento de Amatitlán, según el censo general de población realizado en 1880, depende de la jurisdicción municipal de la cabecera del mismo nombre, anteriormente, pertenecía a don Gabriel Caballeros. La extensión aproximada es de dos caballerías, su producción agrícola era el maíz y frijol. Se celebra su festividad en la segunda quincena del mes de enero por la Virgen del Rosario.
- Algunas personas tienen la costumbre de llamarle San José Calderas, pero su nombre oficial es solamente Calderas, según el Instituto

Geográfico Nacional. Su mayor atractivo es la laguna de Calderas. A partir de junio de 2004, se promueve el ecoturismo en la aldea ofreciendo las maravillas de su entorno natural combinadas con la práctica de algunos deportes extremos o no tradicionales. Se celebra su festividad el 19 de marzo, día de San José.

1.1.2. Localización

La aldea Agua de las Minas está situada al poniente del municipio de Amatitlán, se encuentra a 3 kilómetros de la cabecera y a 31 kilómetros de la ciudad de Guatemala. Es accesible por un camino de terracería. Tiene una extensión aproximada de 9 kilómetros cuadrados.

Figura 1. **Ubicación del proyecto de alcantarillado**



Fuente: Municipalidad de Amatitlán.

La aldea de Calderas está situada al suroriente de la cabecera municipal de Amatitlán. Se encuentra a una distancia de 16,5 kilómetros por carretera

asfaltada, vía San Vicente Pacaya. Tiene una extensión de 9 kilómetros cuadrados.

Figura 2. **Ubicación del proyecto de pavimento**



Fuente: Municipalidad de Amatitlán.

1.1.3. **Ubicación**

La aldea Agua de las Minas limita al norte con la aldea las Trojes; al sur con la finca El Rosario, Palín; al oriente con Autopista al Pacífico CA-9; y al poniente con Santa María de Jesús, Sacatepéquez. El IGN ubica esta aldea a 1 235 metros SNM, latitud $14^{\circ}28'50''$, longitud $90^{\circ}38'22''$.

La aldea de Calderas limita al norte con las aldeas El Pepinal y San José El Bejucal, San Vicente Pacaya; al sur con aldea San Francisco de Sales, San Vicente Pacaya; al oriente con Finca Belén y aldea Mesillas Bajas; al poniente con San José El Bejucal y San Francisco de Sales, San Vicente Pacaya. Según IGN, la aldea se encuentra a 1 785 metros SNM, latitud $14^{\circ}24'30''$, longitud $90^{\circ}35'25''$.

1.1.4. Aspectos topográficos

La aldea Agua de las Minas está situada a 1 235 metros de altura sobre el nivel del mar. Su topografía es irregular, quebrada en un 35 por ciento.

La aldea Calderas está situada a 1 785 metros de altura sobre el nivel del mar. Su topografía es irregular, quebrada en un 65 por ciento y la mayor parte del terreno es montañoso. La aldea se ubica sobre las estribaciones de las montañas que circundan el municipio.

1.1.5. Vías de acceso

La aldea Agua de las Minas es accesible por una ruta:

- Autopista al Pacífico o carretera CA-9.
Carretera asfaltada de doble carril en ambas vías, comunica a Amatitlán con Villa Nueva (10 kms) y Guatemala (28 kms) hacia el norte; y con Palín (12 kms) y Escuintla (30 kms) hacia el sur.

Para ingresar a la aldea Calderas existen, por lo menos, tres rutas de acceso:

- Autopista al Pacífico o carretera CA-9.
Carretera asfaltada de doble carril en ambas vías, comunica a Amatitlán con Villa Nueva (10 kms) y Guatemala (28 kms) hacia el norte; y con Palín (12 kms) y Escuintla (30 kms) hacia el sur.
- Carretera CA-2.
Carretera asfaltada de un carril en ambas vías, también conocida como vuelta al lago o circunvalación. Comunica a Amatitlán con Villa Canales, pasando por las aldeas El Cerrito y Tacatón.

- Carretera Vieja o del Pasamano.
Prolongación de la Autopista CA-9, un carril asfaltado en ambas vías, (6 kms.) pasando por Parque Naciones Unidas.

1.1.6. Clima

El clima del municipio de Amatitlán es templado con dos subtipos. Uno con verano acentuado y otro con invierno acentuado, la época lluviosa se marca de mayo a octubre y la seca de noviembre a abril. Los vientos predominantes en el día son noreste, y en la madrugada sur, con temperaturas promedio de 26 a 30 grados centígrados.

El municipio de Amatitlán pertenece a la zona climática de meseta y altiplanos. Actualmente no existe ninguna estación meteorológica cercana al municipio; se tienen registros de que la última estación estuvo durante 1967 a 1989 con el nombre de Jardín mil Flores; por lo que la más cercana es la del INSIVUMEH, que se encuentra localizada en la 7a. Av. 14 - 57, zona 13, frente al aeropuerto internacional.

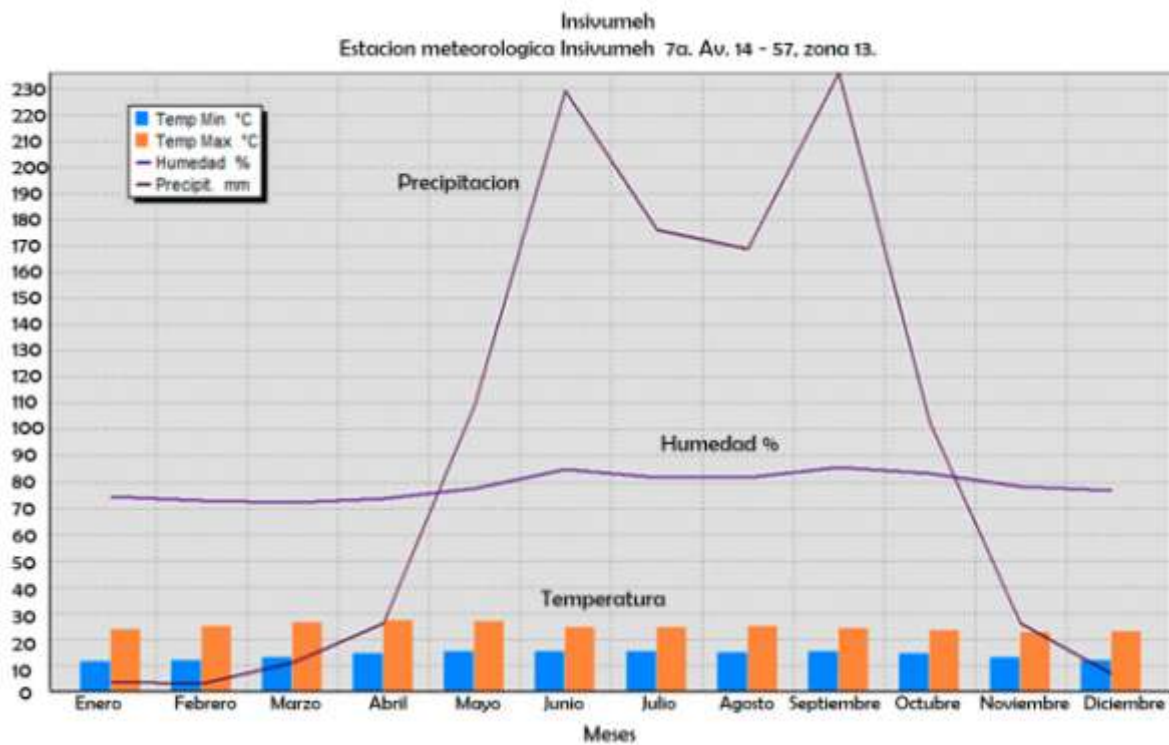
De enero a febrero y de junio a diciembre, en el municipio de Amatitlán, la temperatura oscila entre 11 grados como mínimo y 23 grados como máximo. La época más calurosa comprende marzo, abril y mayo con temperatura de 13 grados la mínima y 27 grados la máxima.

En cuanto a la precipitación pluvial, es mínima de diciembre a febrero de 3,00 a 7,00 milímetros; marzo y abril de 11,00 milímetros a 26,00 milímetros siendo las primeras lluvias del año; y de mayo a octubre aumenta de 109,00 milímetros a 236,00 milímetros. Por la manifestación del invierno, las precipitaciones máximas en el año se registran en el mes de septiembre. En

octubre y noviembre inicia nuevamente la estación seca y desciende hasta los 3,00 milímetros.

Con relación a la humedad, que es la cantidad de vapor de agua en el ambiente, esta oscila entre el 75 a 86 por ciento. Se determinó, por medio datos obtenidos del INSIVUMEH, que aumenta de junio a octubre, por ser la época lluviosa, y disminuye de noviembre a mayo, época seca.

Figura 3. **Gráfica temperatura máxima y mínima, humedad porcentual y precipitación anual de Amatitlán**



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

1.1.7. Colindancias

La demarcación territorial de la aldea Agua de las Minas es la siguiente:

- Al norte, con la aldea Las Trojes
- Al sur, con la finca El Rosario, Palín
- Al este, con Autopista al Pacífico CA-9
- Al oeste, con Santa María de Jesús, Sacatepéquez

La demarcación territorial de la aldea Calderas es la siguiente:

- Al norte, con las aldeas El Pepinal y San José El Bejucal, San Vicente Pacaya.
- Al sur, con aldea San Francisco de Sales, San Vicente Pacaya.
- Al este, con finca Belén y aldea Mesillas Bajas.
- Al oeste, con San José El Bejucal y San Francisco de Sales, San Vicente Pacaya.

1.1.8. Demografía

Desde 1990 el crecimiento de la población de Amatitlán se ha visto influenciado por la migración y el surgimiento de diversos proyectos residenciales (lotificaciones y colonias). Según datos proporcionados por el INE (Instituto Nacional de Estadística), la población en el municipio de Amatitlán asciende a 82 870 habitantes, censo efectuado en el 2002 a nivel nacional.

1.1.9. Población

Según el censo municipal realizado en el 2005, la aldea Agua de las Minas cuenta con 2 540 habitantes, de los cuales 1 245 hombres y 1 295 mujeres. Además, incluye en el censo del centro poblacional los datos de 22 colonias en esta aldea: San Juan, El Milagro, El Ceibillo, El Oásis, El Paraíso, El Pedregal, El Pedregal I, El Pedregal II, El Triunfo, El Triunfo I, El triunfo II, Esperanza, La Bendición, La Unión, Las Torres, Llanos del Pedregal, Los Pinos, Residencial Las Minas, San Miguelito, San Miguelito I, San Miguelito II, Villa Alejandra y Villa Esther.

Tabla I. **Población aldea Agua de las Minas**

Cuadro: Aldea Agua de las Minas - Población				
Año	Hombres	Mujeres	Total	Alfabetos
1880	50	48	98	5,00%
1973	176	173	349	40,75%
1992	409	398	807	86,50%
2002	720	735	1,455	88,75%
2005	1,245	1,295	2,540	89,10%

Fuentes: 1. IGN, 2. Estudio Poblacional Plan Int., 3. Proyección OAFG, 4. Censo Municipal 2005.

Según el censo municipal realizado en la aldea de Calderas en el 2005, esta cuenta con aproximadamente 1 000 habitantes, quienes poseen aproximadamente 175 viviendas. La principal ocupación de los habitantes la constituye el cultivo de la tierra donde obtienen productos de magnífica calidad sobresaliendo el café, maíz, frijol, y en pequeña escala el cultivo de legumbres. Sin embargo, un pequeño porcentaje se emplea en instituciones del Estado: Caminos, Guatel y otros.

1.1.10. Distribución de viviendas

La aldea Agua de las Minas cuenta con 22 colonias distribuidas en toda su área y una cantidad de 508 viviendas en total. Además hay aproximadamente un 20 por ciento de zonas habitacionales desocupadas.

La aldea de Calderas cuenta con 175 viviendas en total, estas debido a la topografía del lugar, se encuentran distribuidas en la parte alta de la aldea y en la parte baja que colinda con la laguna.

1.1.11. Tipología de viviendas

Los altos niveles de pobreza que caracterizan a la comunidad se reflejan en la tipología de las viviendas, en donde el 53 por ciento son ranchos o champas construidas con materiales endebles y el 47 por ciento restante es de mampostería con piso de concreto y techo de lámina de zinc.

En cuanto al tipo de muros, 43,2 por ciento son de lámina, 4,5 por ciento son de madera, 2,5 por ciento son de adobe, 46,2 por ciento son de ladrillo o block y 3,5 por ciento de otros materiales.

1.1.12. Idioma

El idioma oficial es el español, pero en algunas aldeas, una mínima cantidad de pobladores habla *poqomam* y *kaqchikel*, aunque están desapareciendo actualmente.

1.1.13. Aspectos económicos

La mayoría de los habitantes de la aldea Calderas se dedican a la agricultura, efectuando cultivos de café, maíz, frijol, además de frutas como jocote, banano y otros. Los niveles de producción agrícola satisfacen el consumo interno y algunos excedentes se destinan al comercio con los departamentos.

Hay pequeñas crianzas de bovinos, principalmente de razas lecheras, que abastecen a la población de productos lácteos.

En cuanto al índice de desempleo en la población de la aldea Agua de las Minas ronda por el 51 por ciento de la población económicamente activa, y un índice de ocupación de 28 por ciento proporcionan una idea general de la poca capacidad de pago de los habitantes.

1.1.14. Servicios existentes

La información sobre los servicios existentes que se describen a continuación fue proporcionada por la Oficina Municipal de Planificación de Amatlán.

La aldea Agua de las Minas cuenta con los siguientes servicios públicos:

- Agua potable, con una cobertura del 80 por ciento, la cual se obtiene por pozos mecánicos y por redes de tubería de agua.
- Energía eléctrica, con una cobertura del 70 por ciento.
- Carretera con tramos adoquinados y tramos de terracería para el acceso a la aldea.

- Servicio de bus.
- Servicio de basura.

La aldea de Calderas cuenta con los siguientes servicios públicos.

- Educación: en 1999 se concluyó en la construcción de una escuela primaria, en la cual 13 maestros en siete aulas atienden a 251 alumnos, 116 mujeres y 135 hombres en la jornada matutina; y en la jornada vespertina funciona como instituto básico por cooperativa atendiendo a 50 alumnos.
- Agua: la comunidad se abastece del vital líquido de un pozo que se maneja por sistema de bombeo, cuyo tanque de distribución está capacitado para 40 metros cúbicos de agua. De la misma laguna se surte a gran parte de la población del área rural, por medio de dos pozos que llevan el vital líquido a las aldeas El Pepinal, Humitos, El Durazno, Laguna Seca y Llano de Animas siempre utilizando el sistema de bombeo.
- Transporte público: buses de Calderas a Amatitlán desde las 07:15 Hrs., tiempo estimado de viaje 90 minutos, aproximadamente 26 kms. por autopista al Pacífico carretera San Vicente Pacaya.
- Carretera con tramos adoquinados.
- Puesto de salud.
- Recolección de basura.

- Energía eléctrica.
- Cementerio: por Acuerdo Gubernativo del 17 de agosto de 1973 publicado en el diario oficial del 5 de octubre de ese año, se autorizó el funcionamiento de un cementerio.

1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de las aldeas Agua de las Minas y Calderas

Las principales áreas de ejecución de proyectos prioritarios a corto, mediano y largo plazo de la municipalidad de Amatitlán se concentran en infraestructura y proyectos sociales.

Los proyectos de infraestructura contemplan: reparación de canchas deportivas, reparación de escuelas, introducción de drenajes, reparación de bombas de pozos, adoquinamiento de calles y avenidas, alumbrado público, reparación de caminos vecinales, dragado de cuencas, reparación y mantenimiento de tanques de captación, construcción de puentes.

La información recopilada acerca de la aldea permite delinear las condiciones prevalecientes respecto al abastecimiento de agua potable, servicios de salud, desechos sólidos y principalmente en la disposición de excretas y aguas servidas, así como condiciones sanitarias, morbilidad y mortalidad.

1.2.1. Descripción de las necesidades

La comunidad de la aldea Agua de las Minas carece de un sistema de alcantarillado sanitario para la evacuación de las aguas servidas. Por esto que los habitantes utilizan pozos ciegos, fosas sépticas, y en la mayoría de los casos, la disposición de las excretas se da hacia los propios terrenos, provocando la proliferación de lodos y aguas estancadas, la contaminación del medio ambiente y manto freático.

La falta de pavimento y banquetas peatonales en las calles de la comunidad provoca lodazales y estancamientos del agua pluvial y los desechos que esta arrastra.

El agua potable en la comunidad es muy escasa, pues los habitantes a pesar de contar con tanque de captación, reciben agua cada 6 días a la semana durante un período de 4 a 6 horas.

La proliferación de enfermedades, causadas principalmente por la contaminación del medio ambiente y las bajas condiciones de vida de la comunidad, hace necesaria la construcción de un centro de salud.

1.2.2. Priorización de las necesidades

Para mejorar las condiciones de higiene y salud de la comunidad, además de la protección del medio ambiente, es prioritaria la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario en la aldea Agua de las Minas, que a su vez ofrezca una alternativa para la evacuación total de las aguas residuales.

Por otra parte, la aldea de Calderas no cuenta con una carretera pavimentada que permita transitar de una forma fácil y cómoda a los habitantes de la población y aldeas vecinas. Esto afecta a los vecinos que cosechan, ya que no pueden trasladarse con facilidad al mercado, lo cual ocasiona pérdidas a los trabajadores y no les permite mejorar su calidad de vida.

La evaluación y priorización de las necesidades se realizó por medio de entrevistas a los alcaldes auxiliares de las comunidades. Además de tomar en cuenta la opinión de la directora de la Oficina Municipal de Planificación se optó por un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Agua de las Minas y pavimentación de la carretera de Calderas hacia la aldea Mesillas Bajas, por las siguientes razones:

- Los habitantes se ven obligados a utilizar letrinas y perforar pozos de absorción para desfogar las aguas residuales o evacuarlas hacia afuera. Además se considera el aumento de habitantes, y por lo mismo, la cantidad de aguas servidas será mayor, afectando el ambiente que les rodea y poniendo en riesgo la salud de los habitantes del lugar.
- Con la pavimentación de este tramo de carretera se beneficiará en forma directa a todos los pobladores de esta aldea y de forma indirecta a los pobladores de las aldeas y caseríos vecinos.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA AGUA DE LAS MINAS DEL MUNICIPIO DE AMATITLÁN

2.1. Descripción del proyecto

Este proyecto consiste en diseñar un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Agua de las Minas, cuya función será la de coleccionar y transportar las aguas servidas.

El sistema consiste en una serie de tuberías de PVC las cuales tendrán una pendiente y diámetro previamente diseñados. La longitud aproximada del sistema es de dos mil metros (2 000 metros), los cuales están compuestos por una red principal de colección y sus ramales. La tubería a utilizar será PVC Norma 3034 y tendrán un diámetro de 6" y 8". Se ejecutó el levantamiento topográfico a través del cual se determinó el punto de desfogue del sistema de alcantarillado.

2.2. Aspectos preliminares

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se toman en cuenta factores como derecho de paso, localización de los puntos de desfogue, pendiente del terreno y cantidad de familias beneficiadas.

2.3. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó para localizar la red dentro de las calles, pozos de visita, y en general, ubicar todos aquellos puntos de importancia. El levantamiento topográfico se realizó con una estación total, por lo tanto se clasifica como 1° orden.

Se realizaron los levantamientos siguientes:

- Planimetría:

Con la planimetría se fijaron las posiciones de los puntos, proyectados en un plano horizontal sin importar sus elevaciones.

- Altimetría:

En la altimetría se determinan las diferencias de alturas entre cada uno de los puntos que se tomen de referencia en el terreno.

2.4. Diseño del sistema

Para el diseño de sistemas de alcantarillado se deben conocer sus partes, las cuales servirán de ayuda para realizar un trabajo de acuerdo a las necesidades y condiciones que se presenten.

2.4.1. Descripción del sistema a utilizar

En la región, las necesidades son grandes y los recursos económicos escasos, por lo que el tipo de drenaje a utilizar será de tipo sanitario. Este

sistema consiste en conducir las aguas que llevan los residuos provenientes de las casas, de baños, cocinas, lavabos e inodoros; y residuos comerciales como los generados en la infiltración.

2.4.2. Diseño hidráulico

Varias son las fórmulas utilizadas para el cálculo hidráulico de drenajes, Chezy, Manning, entre otras, que permiten determinar velocidades, caudales, diámetros, pendientes, entre otras. Siendo estas:

- Fórmula de Chezy

$$V = C\sqrt{R * S}$$

Donde:

V = Velocidad [m/s]

R = Radio hidráulico [m]

S = Pendiente (%)

C = Coeficiente

- Fórmula de Manning

$$C = \frac{R^{1/6}}{n}$$

Donde:

C = Coeficiente de Manning

R = Radio hidráulico

n = Coeficiente de rugosidad

2.4.2.1. Período de diseño

El período de diseño es de 30 años, este período de tiempo se adoptó tomando en cuenta los recursos económicos con los que cuentan en el municipio, la vida útil de los materiales y las normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

2.4.2.2. Población de diseño

Para la estimación del número de habitantes futuros de una población existen varios métodos, dentro de los cuales podemos mencionar los tres siguientes:

- Método del crecimiento aritmético
- Método del crecimiento geométrico
- Método del crecimiento gráfico

En el diseño se utilizará el método del crecimiento geométrico. Este método es apropiado para poblaciones pequeñas, y tiene la ventaja de que no necesita muchos datos de información.

$$P_f = P_o * (1 + r)^n$$

Donde:

P_f = Población futura

P_o = Población actual

r = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño

Para el siguiente estudio, se cuenta con la siguiente información:

Población actual (P_0) = 790 hab

Tasa de crecimiento (r) = 2,54 %

Período de diseño (n) = 30 años

$$P_f = 790 * (1 + 0,0254)^{30} = 1\ 677\ hab$$

2.4.2.3. Dotación de agua potable

La dotación no es más que la cantidad de agua potable consumida por un habitante en un día. Para el presente proyecto se tomó una dotación de 110 L/hab/día, considerando principalmente factores como consumo diario, clima y condición socioeconómica.

2.4.2.4. Factor de retorno

El factor de retorno es un número que oscila entre el 70 al 90 por ciento, sirve para determinar el consumo de agua que retornará al alcantarillado, es decir, que una población tiene una dotación diaria de agua por habitante y una parte de ella regresará al alcantarillado después de haber sido usada.

Para dicha aldea, se tomó un factor de retorno al sistema de 80 por ciento.

2.4.2.5. Factor de flujo instantáneo

Es el valor estadístico, que determina la probabilidad del número de usuarios que estarán haciendo uso del servicio. Está dado de la siguiente manera:

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

P = Población futura acumulada en miles

FH = Factor de flujo instantáneo

Para este diseño el factor de flujo instantáneo queda de la siguiente manera:

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{\frac{1\,677}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{1\,677}{1\,000}}} = 3,64$$

2.4.2.6. Caudal sanitario

También conocido como caudal de diseño y es el resultado de la suma de todos los caudales que van a ser colectados y transportados por un tramo en el sistema.

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{Ci}$$

Donde:

Qmed = Caudal medio o caudal sanitario

Qdom = Caudal domiciliar

Qcom = Caudal comercial

Qind = Caudal industrial

Qinf = Caudal infiltración

Qci = Caudal de conexiones ilícitas

2.4.2.6.1. Caudal domiciliar

El caudal domiciliar es el agua que se usa para la limpieza o producción de alimentos y es desechada y conducida a la red de alcantarillado; el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación y suministro de agua potable. Como se indicó anteriormente una parte de esta no será llevada al alcantarillado, como por ejemplo el agua de los jardines, de tal manera el valor del caudal domiciliar queda integrado de la siguiente forma:

$$Q_{dom} = \left(\frac{Dot * Nohab * F.R.}{86\ 400} \right)$$

Donde:

Dot = Dotación [l/hab/día]

Nohab = Número de habitantes

Q_{dom} = Caudal domiciliar [l/s]

FR = Factor de retorno

El caudal domiciliar total para la población de la aldea Agua de las Minas queda de la siguiente manera:

$$Q_{dom} = \left(\frac{110 * 1\ 677 * 0,8}{86\ 400} \right) = 1,71\ l/s$$

2.4.2.6.2. Caudal de infiltración

Es el caudal que se introduce a la tubería por medio de filtración, las cuales provienen de la humedad de los nacimientos, aguas pluviales, fugas del abastecimiento de agua potable y por las tapaderas de los pozos de visita.

Puede calcularse de dos formas: en litros por hectárea o en litros diarios por kilometro de tubería. Se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias con un valor de 6 m por cada casa. La dotación de infiltración varía entre 12 000 y 18 000 L/Km/día.

En este caso el caudal de infiltración se considera cero, ya que se utilizará tubería de PVC Norma 3034.

$$Q_{inf} = \frac{Dot. * (mtubo + NoVi * 6 m) * \frac{1}{100}}{86,400}$$

Donde:

Dot = Dotación

mtubo = Metros de tubería

NoVi = Número de viviendas

2.4.2.6.3. Caudal por conexiones ilícitas

Es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario.

Debido a que hay un bajo porcentaje de las viviendas que cuentan con bajadas de agua pluvial y la mayoría de las viviendas utilizan techos de lámina, donde el agua pluvial es depositada en el suelo, se tomará un 40 por ciento del caudal domiciliar.

$$Q_{ci} = 0,40 * Q_{dom}$$

Donde:

Q_{ci} = Caudal de conexiones ilícitas

Q_{dom} = Caudal domiciliar

El caudal producido por conexiones ilícitas de la población se estima de la siguiente forma:

$$Q_{ci} = 0,40 * 1,708$$

$$Q_{ci} = 0,68 \text{ l/s}$$

2.4.2.6.4. Caudal comercial e industrial

El caudal comercial está conformado por las aguas negras resultantes de la actividad de comercios, escuelas, mercados, hoteles, restaurantes, entre otros.

Para este diseño no se contó con ningún comercio, por lo que no se contempla ningún caudal.

2.4.2.7. Factor de caudal medio

Este factor es la sumatoria de todos los caudales anteriormente descritos dividido entre la población a servir. Dicho factor regula la aportación del caudal en la tubería, el cual debe estar entre los rangos de 0,002 a 0,005. Si el cálculo está entre esos dos límites, se utilizará el calculado, de lo contrario, si se obtiene un valor menor, se tomará 0,002 y si fuera mayor, se tomará 0,005.

$$fqm = \frac{Q_{med}}{Nohab}$$

$$0,002 \leq f_{qm} \leq 0,005$$

Para la aldea Agua de las Minas el factor de caudal medio se calcula de la siguiente manera:

Primero, con los datos de los caudales calculados anteriormente se realiza la sumatoria y así obtener el caudal medio de la población.

$$\begin{aligned} Q_{med} &= Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{Ci} \\ Q_{med} &= 1,708 + 0 + 0 + 0,68 \\ Q_{med} &= 2,39 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Como ya se conoce el caudal medio, entonces el factor de caudal medio queda de la siguiente manera:

$$f_{qm} = \frac{2,39}{1\ 677} = 0,00142$$

Como el factor de caudal medio debe encontrarse entre este rango: $0,002 \leq f_{qm} \leq 0,005$, entonces el valor tomado para este diseño será de 0,002 ya que este es el valor más aproximado.

2.4.2.8. Caudal de diseño

Este caudal es llamado también factor de caudal máximo. Es el caudal con el que se diseñará cada tramo del sistema sanitario; se calcula multiplicando el factor de caudal medio, el factor de Harmon y el número de habitantes que se va a servir.

$$Q_{dis} = f_{qm} * FH * Nohab$$

Donde:

fqm = Factor de caudal medio

FH = Factor de Harmon

Nohab = Número de habitantes futuros

El caudal de diseño para la población total queda de la siguiente manera:

$$Q_{dis} = 0,002 * 3,64 * 1\ 677$$

$$Q_{dis} = 12,21\ l/s$$

2.4.2.9. Diseño de secciones y pendientes

En el diseño se utilizarán secciones circulares de tubo PVC funcionando como canales abiertos. El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendientes se hará aplicando la ecuación de Manning.

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) * 0,03425 * D^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

V = Velocidad del flujo a sección llena [m/s]

D = Diámetro de la sección circular [pulgadas]

S = Pendiente de la gradiente hidráulica [m/m]

n = Coeficiente de rugosidad de Manning, 0,010 para tubos PVC

2.4.2.10. Selección del tipo de tubería

La tubería a utilizar en este proyecto es seleccionada bajo las condiciones con que se pretende construir el sistema de alcantarillado, para lo cual influyen distintos aspectos como eficiencia, economía, durabilidad, facilidad de manejo y colocación.

En este caso, se propuso utilizar tubería PVC Norma ASTM D -3034, con la cual se obtiene facilidad de manejo, facilidad de instalación, soporta grandes cargas a poca profundidad y tiene una buena durabilidad.

2.4.2.11. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad de flujo está determinada por la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y el tipo de tubería que se utilice.

La velocidad mínima está condicionada por las materias orgánicas e inorgánicas que se sedimentan debido al efecto de estancamiento. Si la velocidad no es suficiente para arrastrarlas, se irán acumulando hasta taponar las tuberías.

Por otro lado las velocidades altas causan erosión en las tuberías, pues, los materiales abrasivos como la arena desgastan las partes interiores de las mismas a menos que se mantengan las velocidades.

La velocidad mínima admisible en tuberías PVC es de 0,4 m/s, esto hace que los sólidos no se sedimenten y, por consecuencia, no se obstruya la tubería. Respecto a la velocidad máxima admisible en las tuberías de PVC por lo general se acepta la de 4 m/s. Según normas del INFOM.

Tabla II. **Velocidades máximas y mínimas**

Tipo de tubería	Velocidades mínimas	Velocidades máximas
Concreto	0,60 m/s	3,00 m/s
PVC	0,40 m/s	4,00 m/s

Fuente: INFOM-UNEPAR, Normas generales para el diseño de alcantarillado, Guatemala. 2001.

2.4.2.12. Tirante (profundidad de flujo)

La altura del tirante del flujo deberá ser mayor del 10 por ciento del diámetro de la tubería y menor del 75 por ciento de la misma. Estos parámetros aseguran su funcionamiento como canal abierto, así como su eficiencia en el arrastre de los sedimentos.

Relaciones hidráulicas:

La utilización de las tablas se realizó determinando primero la relación (q/Q). Dicho valor se busca en las tablas, si no se encuentra el valor exacto, se busca uno aproximado. En la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V), y obteniendo este valor se multiplica por el obtenido por la velocidad a sección llena y se logra saber así la velocidad a sección parcial. Sucesivamente se obtienen los demás valores de chequeo. Estas relaciones son necesarias para poder asegurar que el sistema funcionará adecuadamente y sus parámetros son los siguientes:

Relación de caudales:

$$\frac{q}{Q}$$

Donde:

q = Caudal de diseño

Q = Caudal a sección llena

Relación de velocidades:

$$\frac{v}{V}$$

Donde:

v = Velocidad de diseño

V = Velocidad a sección llena

Relación de tirantes:

$$\frac{d}{D}$$

Donde:

d = Diámetro de diseño

D = Diámetro a sección llena

Tabla III. Relaciones hidráulicas para sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,0100	0,0017	0,0880	0,00015	0,1025	0,0540	0,4080	0,02202
0,0125	0,0237	0,1030	0,00024	0,1050	0,0558	0,4140	0,02312
0,0150	0,0031	0,1160	0,00036	0,1075	0,0578	0,4200	0,02429
0,0175	0,0039	0,1290	0,00050	0,1100	0,0599	0,4260	0,02550
0,0200	0,0048	0,1410	0,00067	0,1125	0,0619	0,4320	0,02672
0,0225	0,0057	0,1520	0,00087	0,1150	0,0639	0,4390	0,02804
0,0250	0,0067	0,1630	0,00108	0,1175	0,0659	0,4440	0,02926
0,0275	0,0077	0,1740	0,00134	0,1200	0,0680	0,4500	0,03059
0,0300	0,0087	0,1840	0,00161	0,1225	0,0701	0,4560	0,03194
0,0325	0,0099	0,1940	0,00191	0,1250	0,0721	0,4630	0,03340
0,0350	0,0110	0,2030	0,00223	0,1275	0,0743	0,4680	0,03475
0,0375	0,0122	0,2120	0,00258	0,1300	0,0764	0,4730	0,03614
0,0400	0,0134	0,2210	0,00223	0,1325	0,0786	0,4790	0,03763
0,0425	0,0147	0,2300	0,00338	0,1350	0,0807	0,4840	0,03906
0,0450	0,0160	0,2390	0,00382	0,1375	0,0829	0,4900	0,04062
0,0475	0,0173	0,2480	0,00430	0,1400	0,0851	0,4950	0,04212
0,0500	0,0187	0,2560	0,00479	0,1425	0,0873	0,5010	0,04375
0,0525	0,0201	0,2640	0,00531	0,1450	0,0895	0,5070	0,04570
0,0550	0,0215	0,2730	0,00588	0,1475	0,0913	0,5110	0,04665
0,0575	0,0230	0,2710	0,00646	0,1500	0,0941	0,5170	0,04863
0,0600	0,0245	0,2890	0,00708	0,1525	0,0964	0,5220	0,05031
0,0625	0,0260	0,2970	0,00773	0,1550	0,0986	0,5280	0,05208
0,0650	0,0276	0,3050	0,00841	0,1575	0,1010	0,5330	0,05381
0,0675	0,0292	0,3120	0,00910	0,1600	0,1033	0,5380	0,05556
0,0700	0,0308	0,3200	0,00985	0,1650	0,1080	0,5480	0,05916
0,0725	0,0323	0,3270	0,01057	0,1700	0,1136	0,5600	0,06359
0,0750	0,0341	0,3340	0,01138	0,1750	0,1175	0,5680	0,06677
0,0775	0,0358	0,3410	0,01219	0,1800	0,1224	0,5770	0,07063
0,0800	0,0375	0,3480	0,01304	0,1850	0,1273	0,5870	0,07474
0,0825	0,0392	0,3550	0,01392	0,1900	0,1323	0,6960	0,07885
0,0850	0,0410	0,3610	0,01479	0,1950	0,1373	0,6050	0,08304
0,0875	0,0428	0,3680	0,01574	0,2000	0,1424	0,6150	0,08756
0,0900	0,0446	0,3750	0,01672	0,2050	0,1475	0,6240	0,09104
0,0925	0,0464	0,3810	0,01792	0,2100	0,1527	0,6330	0,09663

Continuación de la tabla III.

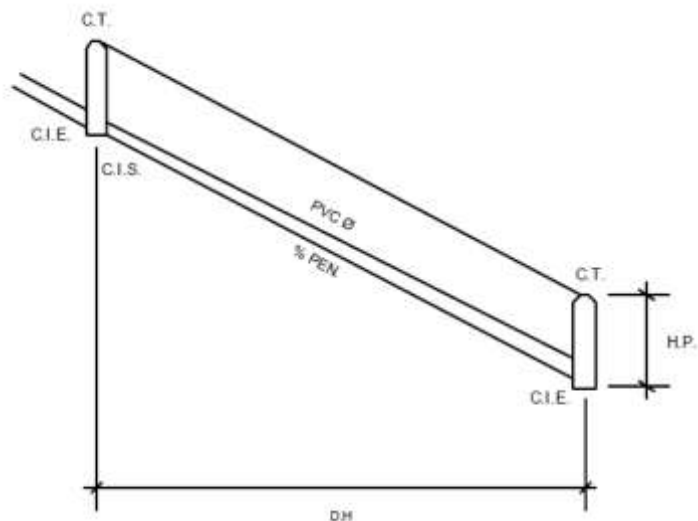
d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,2200	0,1631	0,6510	0,10619	0,5900	0,6140	1,0700	0,65488
0,2250	0,1684	0,6590	0,11098	0,6000	0,6265	1,0700	0,64157
0,2300	0,1436	0,6690	0,11611	0,6100	0,6389	1,0800	0,68876
0,2350	0,1791	0,6760	0,12109	0,6200	0,6513	1,0800	0,70537
0,2400	0,1846	0,6840	0,12623	0,6300	0,6636	1,0900	0,72269
0,2450	0,1900	0,6920	0,13148	0,6400	0,6759	1,0900	0,73947
0,2500	0,1955	0,7020	0,13726	0,6500	0,6877	1,1000	0,75510
0,2600	0,2066	0,7160	0,14793	0,6600	0,7005	1,1000	0,77339
0,2700	0,2178	0,7300	0,15902	0,6700	0,7122	1,1100	0,78913
0,3000	0,2523	0,7760	0,19580	0,7000	0,7477	1,1200	0,85376
0,3100	0,2640	0,7900	0,20858	0,7100	0,7596	1,1200	0,86791
0,3200	0,2459	0,8040	0,22180	0,7200	0,7708	1,1300	0,88384
0,3300	0,2879	0,8170	0,23516	0,7300	0,7822	1,1300	0,89734
0,3400	0,2998	0,8300	0,24882	0,7400	0,7934	1,1300	0,91230
0,3500	0,3123	0,8430	0,26327	0,7500	0,8045	1,1300	0,92634
0,3600	0,3241	0,8560	0,27744	0,7600	0,8154	1,1400	0,93942
0,3700	0,3364	0,8680	0,29197	0,7700	0,5262	1,1400	0,95321
0,3800	0,3483	0,8790	0,30649	0,7800	0,8369	1,3900	0,97015
0,3900	0,3611	0,8910	0,32172	0,7900	0,8510	1,1400	0,98906
0,4000	0,3435	0,9020	0,33693	0,8000	0,8676	1,1400	1,00045
0,4100	0,3860	0,9130	0,35246	0,8100	0,8778	1,1400	1,00045
0,4200	0,3986	0,9210	0,36709	0,8200	0,8776	1,1400	1,00965
0,4400	0,4238	0,9430	0,39963	0,8400	0,8967	1,1400	1,03100
0,4500	0,4365	0,9550	0,41681	0,8500	0,9059	1,1400	1,04740
0,4600	0,4491	0,9640	0,43296	0,8600	0,9149	1,1400	1,04740
0,4800	0,4745	0,9830	0,46647	0,8800	0,9320	1,1300	1,06030
0,4900	0,4874	0,9910	0,48303	0,8900	0,9401	1,1300	1,06550
0,5000	0,5000	1,0000	0,50000	0,9000	0,9480	1,1200	1,07010
0,5100	0,5126	1,0090	0,51719	0,9100	0,9554	1,1200	1,07420
0,5200	0,5255	1,0160	0,53870	0,9200	0,9625	1,1200	1,07490
0,5300	0,5382	1,0230	0,55060	0,9300	0,9692	1,1100	1,07410
0,5400	0,5509	1,0290	0,56685	0,9400	0,9755	1,1000	1,07935
0,5500	0,5636	1,0330	0,58215	0,9500	0,9813	1,0900	1,07140

Fuente: INFOM-UNEPAR, Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001.

2.4.2.13. Cotas invert

Es la distancia entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, tomando en cuenta que la cota invert sea, al menos, igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería, la cual para tubería de PVC es de 1,20 metros de profundidad.

Figura 4. Detalle de cotas invert



Fuente: elaboración propia, con programa CivilCAD.

Se debe tomar en cuenta que para el cálculo de cotas invert, la cota invert de salida de un pozo se coloca:

- Cuando llega una tubería y sale otra del mismo diámetro; la cota invert de salida será por lo menos tres centímetros debajo de la cota invert de entrada.

$$\text{ØA} = \text{ØB}$$

$$\text{CIS} = \text{CIE} + 0,03$$

- Cuando a un pozo entran más de una tubería y sale una tubería y todas tienen el mismo diámetro, la cota invert de salida debe estar a tres centímetros por debajo de la cota invert de entrada más baja.

$$\varnothing A = \varnothing B = \varnothing C = \varnothing D$$

$$CIS = CIE + 0,03$$

- Cuando a un pozo entra una tubería y sale otra de diferente diámetro, la cota invert de salida, debe estar como mínimo, a una altura por debajo la diferencia de diámetros de la cota invert de entrada.

$$\varnothing A < \varnothing B$$

$$CIS = CIE + (\varnothing A - \varnothing B)$$

- Cuando a un pozo llegan dos o más tuberías y sale una, y son de distinto diámetro, la cota invert de salida puede ser:
 - Mínimo tres centímetros con respecto a las tuberías que son del mismo diámetro.
 - La diferencia de los diámetros para las tuberías de diferente diámetro.

Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería del alcantarillado, deben calcularse de la siguiente manera:

Hmín = Altura mínima, depende del tráfico que circule por las calles

CI = Cota invert inicial

- CT_i = Cota del terreno inicial
CT_f = Cota del terreno final
CIS = Cota invert de la tubería de salida
CIE = Cota invert de la tubería de entrada
D = Distancia horizontal
S% = Pendiente del terreno o tubería
Et = Espesor de la tubería

2.4.2.14. Diámetro de tuberías

El diámetro de tubería que ha de usarse para el diseño de alcantarillado sanitario utilizando tubería de PVC Norma ASTM 3034-00, será el diámetro mínimo, que es de 6 pulgadas según Norma 2.10.2 del INFOM y se irán incrementando de acuerdo al aumento de recaudación de aguas servidas del sistema, si fuese necesario.

En las conexiones domiciliarias el diámetro será de 4 pulgadas, con una pendiente mínima de 2 por ciento y una máxima de 6 por ciento que forme un ángulo horizontal con respecto a la línea central, de aproximadamente 45°, en el sentido de la corriente del mismo.

Para este proyecto se utilizó tubería de 6 y 8" de PVC.

2.4.2.15. Profundidad de tuberías

La determinación de la profundidad de la tubería debe hacerse mediante el cálculo de las cotas invert, a una profundidad en la cual no sea afectada por las inclemencias del tiempo y principalmente por las cargas transmitidas por el tráfico para evitar con esto, rupturas en los tubos. En todo caso debe

chequearse que la tubería tenga un recubrimiento adecuado para no dañarse con el paso de vehículos y peatones, o que se quiebre por la caída o golpe de algún objeto pesado. El recubrimiento mínimo del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1,00 metro más el espesor y el diámetro de la tubería. Para tráfico liviano y para tráfico pesado el recubrimiento mínimo del coronamiento de la tubería será de 1,20 metros.

$$H_{\text{mín}} = 1 + (D + E)$$

Donde:

H_{min} = Altura mínima de tubería

D = Diámetro de tubería

E = Espesor

Tabla IV. **Profundidades mínimas de tubería PVC**

PROFUNDIDADES MÍNIMAS DE LA COTA INFERIOR PARA EVITAR RUPTURAS													
DIAMETRO	6"	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"	42"	48"	60"
TRAFICO NORMAL	1.16	1.22	1.28	1.33	1.41	1.5	1.58	1.66	1.84	1.99	2.14	2.25	2.55
TRAFICO PESADO	1.36	1.42	1.48	1.53	1.51	1.7	1.78	1.86	2.04	2.19	2.34	2.45	2.75

Fuente: INFOM.

2.4.2.16. Estructuras complementarias

Son las obras de arte que complementarían el conjunto de tuberías del sistema. Entre éstas están los pozos de visita, cajas de registro y conexiones domiciliarias.

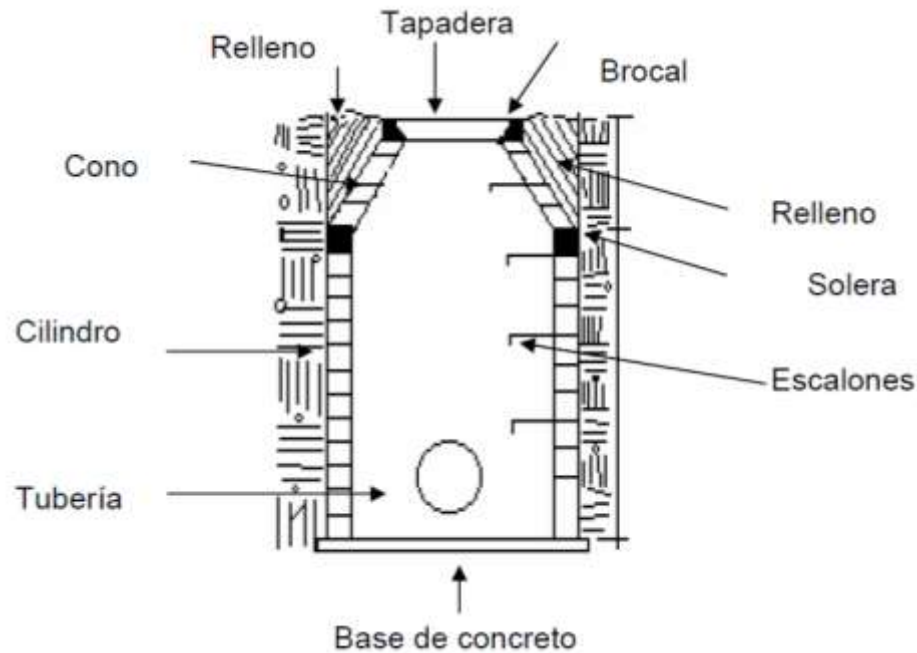
2.4.2.16.1. Pozos de visita

Forman parte del sistema de alcantarillado y proporcionan acceso a este, con el fin de realizar trabajos de inspección y limpieza. Están contruidos de concreto o mampostería. La forma en la cual se construyen está establecida por algunas instituciones que tienen a su cargo las construcciones de sistemas de alcantarillas.

Según las normas para construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En toda intercepción de colectores.
- Al comienzo de todo colector.
- En todo cambio de sección o diámetro.
- En todo cambio de dirección, si el colector no es visitable interiormente, y en todo colector visitable que forme un ángulo menor de 120°.
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros en diámetros menores a 24 pulgadas. A 200 metros en diámetros mayores a 24 pulgadas.
- En las curvas de colectores visitables, a no más de 30 metros.
- Deben ser de sección circular y con diámetro mínimo de 1,20 metros.
- La parte superior debe tener una forma de cono truncado.
- Deben tener tapadera.

Figura 5. Partes de un pozo de visita



Fuente: FÉLIX MÉRIDA, Jeovany Roderico. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario aldea Lo de Hernández y puente vehicular aldea El Terrero del municipio de Huehuetenango, Huehuetenango.* p. 45.

2.4.2.16.2. Conexiones domiciliarias

Una conexión domiciliar es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda a una alcantarilla común o a un punto de desagüe. Ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado se acostumbra establecer y dejar prevista una conexión en Y o en T en cada lote edificado.

Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. Es conveniente que el empotramiento con el colector principal se haga en la parte superior, para impedir que las aguas

negras retornen por la conexión comercial cuando el colector esté funcionando a toda su capacidad.

Las partes que componen una conexión domiciliar son las siguientes:

- Candela

La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor de la caja será de 45 centímetros. Si fuese circular, tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas.

- Tubería secundaria

La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual debe tener un diámetro de 4 pulgadas y debe ser PVC. Debe tener una pendiente mínima de 2 por ciento y una máxima de 6 por ciento, a efecto de evacuar correctamente el agua y debe formar un ángulo con respecto a la línea central de aproximadamente 45 grados, en sentido contrario a la corriente del líquido.

2.4.2.17. Volumen de excavación

La cantidad de tierra que se removerá para colocar la tubería está comprendida a partir de la profundidad de los pozos de visita y del ancho de la zanja, que depende del diámetro de la tubería a instalar y de la longitud entre pozos.

$$V = \frac{(H1 + H2)}{2} * d * t$$

Donde:

V = Volumen de excavación

H1 = Profundidad del primer pozo

H2 = Profundidad del segundo pozo

d = Distancia entre pozos

t = Ancho de zanja

Ejemplo de diseño de un tramo

Se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita P4 - P5 del Ramal Principal. Los datos son los siguientes:

Parámetros de diseño:

- Tipo de sistema Alcantarillado sanitario
- Período de diseño 30 años
- Población actual 790 hab
- Población futura 1 677 hab
- Tasa de crecimiento 2,54 %
- Viviendas actuales 171
- Dotación 110 l/hab/día
- Factor de retorno 0,80
- Tubería a utilizar PVC
- Velocidad mínima 0,40 m/s
- Velocidad máxima 4,00 m/s

Cálculo de tramo P4 - P5

- Cota de terreno inicial (CT_i) 1 003,97
- Cota de terreno final (CT_f) 1 000,02
- Distancia entre pozos (DH) 63,00 m

Procedimiento:

- Población actual en el tramo: 16 hab

Fórmula:

$$Pf = Po(1 + r)^n$$

$$Pf = 16(1 + 0,0254)^{30} = 34 \text{ hab}$$

- Pendiente del terreno (S%)

Fórmula:

$$S\%_{\text{terreno}} = \left(\frac{CT_i - CT_f}{DH} \right) * 100$$

$$S\%_{\text{terreno}} = \left(\frac{1003,972 - 1000,021}{63,00} \right) * 100 = 6,27 \%$$

- Caudal domiciliar

Fórmula:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{Dot * N_{\text{hab}} * FR}{86\ 400}$$

$$Q_{dom} = \frac{110 * 34 * 0,80}{86\ 400} = 0,035 \text{ l/s}$$

- Caudal por conexiones ilícitas

Fórmula:

$$Q_{ci} = 0,40 * Q_{dom}$$

$$Q_{ci} = 0,40 * 0,035 = 0,014 \text{ l/s}$$

- Caudal medio

Fórmula:

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ci} + Q_{inf}$$

$$Q_{med} = 0,035 + 0 + 0,014 + 0 = 0,05 \text{ l/s}$$

- Factor de caudal medio

Fórmula:

$$f_{qm} = \frac{Q_{med}}{hab}$$

$$f_{qm} = \frac{2,5}{1\ 658} = 0,0015$$

Ya que el resultado no queda en el rango aceptable, entonces se toma el factor de caudal medio más próximo al resultado, en este caso es 0,002.

- Factor de flujo instantáneo (FH)

Fórmula:

$$FH = \left(\frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} \right)$$

$$FH \text{ futuro} = \left(\frac{18 + \sqrt{34/1\,000}}{4 + \sqrt{34/1\,000}} \right) = 4,34$$

- Caudal de diseño (Q_d)

Fórmula:

$$Q_d = P_f * FH_f * f_{qm}$$

$$Q_d = 34 * 4,34 * 0,002 = 0,295 \text{ l/s}$$

- Diseño hidráulico

Diámetro = 6"

S % = 6,27 %

Utilizando la fórmula de Manning. Se encuentra la velocidad a sección llena.

$$V = \left(\frac{1}{n} \right) * 0,03425 * D^{2/3} * S^{1/2}$$

$$V = \left(\frac{1}{0,010}\right) * 0,03425 * (6)^{2/3} * (0,0627)^{1/2} = 2,83 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena:

$$Q = A * V$$

$$Q = \left(\frac{\pi}{4}\right) * (D * 0,0254)^2 * V * 100$$

$$Q = \left(\frac{\pi}{4}\right) * (6 * 0,0254)^2 * 2,83 * 1000 = 51,62 \text{ l/s}$$

- Relaciones hidráulicas:

$$q/Q = \frac{q_d}{Q}$$

$$q/Q = \frac{0,295}{51,62} = 0,00571$$

De la tabla de relaciones hidráulicas se obtienen los siguientes resultados:

Relación de velocidades: $v/V = 0,545$

Relación de tirantes: $d/D = 0,164$

- Velocidad sección no llena:

$$v = v/V * V$$

$$v = (0,545) * (2,83 \text{ m/s}) = 1,54 \text{ m/s}$$

- Verificando relaciones hidráulicas:

$$0,40 < v < 4,00 \quad v = 1,54 \text{ m/s} \quad \text{Si cumple}$$

$$0,10 < d/D < 0,75 \quad d/D = 0,16 \quad \text{Si cumple}$$

- Cálculo de cotas invert:

$$CT = 1\ 003,97$$

$$S\% = 6,27$$

$$DH = 63 \text{ m}$$

$$CIS = CT - 1,20 \text{ m}$$

$$CIS = 1\ 003,97 - 1,20 = 1\ 002,77 \text{ m}$$

$$CIE = CIS - (S\% * DH)/100$$

$$CIE = 1\ 002,77 - (0,0627 * 63)/100 = 1\ 002,73 \text{ m}$$

2.4.2.18. Propuesta de tratamiento

El tipo de tratamiento que ha de usarse, depende de qué contaminantes se deben eliminar y hasta qué punto, por lo tanto, debe hacerse un análisis de las condiciones locales para poder dar una solución satisfactoria.

2.4.2.18.1. Diseño de fosa séptica

Una fosa séptica es un contenedor hermético cerrado en donde se acumulan las aguas negras y donde se les da un tratamiento primario, separando los sólidos de las aguas negras. Elimina los sólidos al acumular las aguas negras en el tanque y al permitir que parte de los sólidos, se asienten en el fondo del tanque mientras que los sólidos que flotan (aceites y grasas) suben

a la parte superior. Para darles tiempo a los sólidos a asentarse, el tanque debe retener las aguas negras por lo menos 24 horas.

Algunos de los sólidos se eliminan del agua, algunos se digieren y otros quedan en el tanque. Hasta un 50 por ciento de los sólidos que se acumulan en el tanque se descomponen; el resto se acumula como lodo en el fondo y debe bombearse periódicamente del tanque.

Para este diseño sanitario no se realizará diseño de fosa séptica, ya que el sistema descargará en un pozo municipal existente, que puede conducir este caudal.

2.4.2.18.2. Dimensionamiento de los pozos de absorción

Un pozo de absorción consiste en una excavación de forma tronco piramidal, con talud de relación 1:5, que permite la filtración a través de sus paredes y evita el derrumbe de las mismas.

Para este diseño no se realizó el diseño de pozos de absorción, ya que el sistema descargará en un pozo municipal ya existente que está capacitado para conducir el caudal de diseño.

2.4.2.19. Plan de operación y mantenimiento del sistema

Para evitar la contaminación principalmente de sólidos y líquidos en las aguas residuales deben quedar instaladas los métodos de tratamiento de las aguas servidas, tal y como se han descrito en los diseños y planos, para que los

desechos sólidos y líquidos sean tratados de la manera indicada y las aguas pasen a los mantos freáticos debidamente tratadas.

Es importante que el sistema sanitario sea sometido a inspecciones de limpieza por lo menos una vez al año, tomando en cuenta por lo menos, limpieza de pozos, limpieza de líneas de conducción, limpieza de trampas de grasa, verificación de cajas de inspección y verificación de las tapas.

Tabla V. **Costos por mantenimiento**

Costos por mantenimiento 2Km				
Mano de obra por trato				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Calificada	día	15	300	4 500,00
No calificada	día	15	75	1 125,00
Subtotal				5 625,00
Prestaciones			5,63	31 668,75
Total mano de obra				37 293,75
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Depreciación de equipo	%	0,45	3 950	1 777,50
Subtotal				39 071,25
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
1 camión 10m ³	viaje	9	450	4 050,00
Costo directo				80 415,00
Costo indirecto				12 062,25
IVA				11 097,27
TOTAL				103 574,52
Precio Unitario (Q/mL)				51,79

Fuente: elaboración propia.

2.4.3. Elaboración de planos

Para este proyecto se elaboraron un total de siete planos, como se describen a continuación:

- Planta general
- Densidad de vivienda
- Planta– perfil de Red Principal PV1-PV15
- Planta – perfil de Red A, Red B y Red C PV16-PV26
- Planta – perfil de Red D, Red E y Red F PV27-PV35
- Planta – perfil de Red G PV36-PV43
- Detalles de pozos de visita y detalles de conexión domiciliar

2.4.4. Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario

Para conocer el costo total de un proyecto se hace necesario elaborar un presupuesto. Este primero establece una lista de actividades necesarias para llevar a buen término el proyecto, los cuales serán llamados: renglones de trabajo. En segundo lugar, determinar los recursos y la cantidad necesaria de estos, para llevar a cabo cada uno de los renglones del proyecto; estos recursos pueden ser materiales, mano de obra, entre otros. En tercer lugar, se determina el costo aproximado de estos recursos. En cuarto lugar, se determina el costo de cada actividad, haciendo la sumatoria de los costos de los recursos asignados en cada renglón de trabajo. Finalmente, se elabora el presupuesto de costos directos del proyecto haciendo la sumatoria de cada renglón de trabajo; luego se agrega el costo indirecto para cada actividad.

Los costos directos, se refiere al costo de aquellos recursos que hacen parte de las actividades y que tienen una relación directa con la elaboración del

proyecto. Entre estos se tienen: costo de la mano de obra para realizar las actividades del proyectos, el costo de los materiales que consumirá el proyecto y que se vuelve parte del producto final, el costo de la herramienta y equipos utilizados para la realización de las actividades del proyectos dirigidas a elaborar el producto final.

Los costos indirectos, se refieren al costo de aquellos recursos que participan en las actividades del proyecto, mas no de la forma directa. Se clasifican en: gastos de administración y gastos generales. Los gastos de administración incluyen el salario del gerente y personal administrativo del proyecto y los gastos generales comprenden servicios, mantenimiento de vehículos, papelería, pruebas de laboratorio, entre otros. Por lo general los costos indirectos tienden a calcularse como un porcentaje de los costos indirectos.

El costo total del proyecto va a ser de Q 2 714 282,24 (dos millones setecientos catorce mil doscientos ochenta y dos quetzales con veinticuatro centavos).

Los factores que se tomaron en cuenta para la elaboración de este presupuesto:

Tabla VI. **Factores utilizados**

Núm.	Factor	Valor
1	Factor de mano de obra indirecta (ayudante)	0,45
2	Factor de prestaciones	0,66
3	Factor de indirectos (administración, imprevistos, utilidad)	0,3
4	IVA	0,12

Fuente: elaboración propia.

El costo total de un proyecto es la suma total de los costos directos e indirectos del proyecto. El metro lineal de drenaje sanitario tendrá un costo de Q 1 357,14 (mil trescientos cincuenta y siete quetzales con catorce centavos).

A continuación se presenta el resumen total de presupuesto realizado para la aldea Agua de las Minas.

Tabla VII. **Cuadro resumen de presupuesto del drenaje sanitario**

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO ALDEA AGUA DE LAS MINAS
UBICACIÓN: MUNICIPIO DE AMATITLÁN, GUATEMALA
EPESISTA: KATHERIN PAOLA LIMA ESPAÑA

Núm.	REGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PU	COSTO TOTAL
1	Replanteo topográfico	ml	2 006	Q27,76	Q55 693,82
2	Excavación	m ³	1 565,00	Q161,75	Q253 136,52
3	Relleno	m ³	930,00	Q257,25	Q239 240,82
4	Instalación de tubería	ml	511,00	Q833,55	Q425 946,25
5	Conexiones domiciliarias	unidad	176,00	Q5 235,36	Q921 423,48
6	Pozo de visita de 1,20 - 1,50 m	pozo	32	Q11 275,54	Q360 817,18
7	Pozo de visita de 1,50 - 3,00 m	pozo	6	Q13 594,08	Q81 564,49
8	Pozo de visita de 3,50 - 4,50 m	pozo	3	Q22 448,67	Q67 346,02
9	Pozo de visita de 5,80	pozo	2	Q154 556,82	Q309 113,65
				TOTAL	Q2 714 282,24

Fuente: elaboración propia.

2.4.5. Evaluación socioeconómica

Es de suma importancia el análisis objetivo de la realidad financiera y de los beneficios que conlleva la realización del proyecto propuesto.

2.4.5.1. Valor presente neto

Es el modelo o método de mayor aceptación, ya que consiste en la actualización de los flujos netos de fondos a una tasa conocida y que no es más que el costo medio ponderado de capital, determinado sobre la base de los recursos financieros programados con antelación.

Esto descansa en el criterio ya esbozado en anteriores oportunidades; las decisiones de inversión deben aumentar el valor total de la empresa, como parte de una sana política administrativa. En ciertos casos, es pertinente usar lo que se usa como tasa de descuento, que no es otra cosa que la tasa que se usa en el mercado para determinar la factibilidad financiera de los proyectos de inversión.

Se realiza a partir de un flujo de efectivo, trasladando todo al presente. Es una forma fácil de visualizar si los egresos son mayores que los ingresos.

$$VPN = VP_{\text{beneficios}} - VP_{\text{costos}}$$

Para la anterior fórmula se tienen tres posibles resultados:

- $VPN > 0$
- $VPN = 0$
- $VPN < 0$

Cuando es mayor que cero, se recupera la inversión, se obtiene la rentabilidad además de una ganancia que es igual al valor presente.

Cuando es igual a cero, se evalúa según la tasa de interés y el porcentaje de ganancia.

Cuando es menor que cero, se evalúa según la tasa de interés y el porcentaje de ganancia.

Debido a que el proyecto de alcantarillado sanitario es un beneficio para la comunidad de carácter social, no se contempla algún tipo de utilidad, los egresos se establecen como el costo total del proyecto.

$$VPN = 0 - Q$$

$$VPN = -Q$$

2.4.5.2. Tasa interna de retorno

Se define como la tasa de interés donde la persona que va a invertir tiene equilibrio, es decir, que los ingresos y egresos tengan el mismo valor, cuando se analiza una alternativa de inversión.

Si se usa con valor presente es la tasa donde el valor presente es igual a cero $VP = 0$.

Se requieren de un valor de ingreso, y para este proyecto, por ser de carácter social, no se prevé ningún tipo de ingreso, por lo que no se puede hacer el cálculo de la TIR mediante el uso de fórmulas. Para poder estimar la tasa de riesgo se determinará por medio de la relación Costo-Beneficio (B/C).

- Si $B/C = 1$
- Si $C/B = 1$

$C/B = B/C = +1$; entonces es factible aceptar el proyecto; ya que por cada quetzal de costo o inversión se obtiene lo equivalente a uno o más quetzales de beneficio.

Datos	Costo (Q)
Inversión inicial	2 714 282,24
Costo de mantenimiento (Q/año)	103 574,52

Los costos en el análisis B/C son los costos de construcción inicial y de mantenimiento, el período de diseño es para 30 años y el interés anual en Guatemala es del 5 por ciento.

Para calcular esto se tiene la siguiente fórmula:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Mantenimiento}}{\text{Inversión inicial}}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{103\,574,52}{2\,714\,282,24}$$

$$\frac{B}{C} = 0,04$$

El valor B/C es menor a 1, pero como se mencionó anteriormente, al tratarse de un proyecto social se toma en cuenta el beneficio que el proyecto traerá a la población.

2.4.6. Estudio de impacto ambiental

En el estudio que se realizó a través del formulario proporcionado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Consejo Nacional de Áreas Protegidas se encontró que el proyecto del diseño de drenaje sanitario para la aldea Agua de las Minas, Amatitlán, Guatemala, proyecto de una sola fase, tiene las siguientes características:

- Utilizará para su construcción cal, cemento, arena y piedrín.
- Equipo que se utilizará será una retroexcavadora.
- El número de trabajadores son: 5 albañiles y 8 peones.
- El proyecto tendrá una duración de 6 meses, durante los cuales se encontrarán en dicha área. La longitud del tramo es de 2 000 metros lineales que se encuentran en áreas no protegidas.
- El proyecto se caracteriza por ser nuevo. No tiene ningún tipo de riesgo.
- Durante la fase de excavación se tendrá polvo pues se removerá tierra, para este movimiento se utilizarán vehículos pequeños para retirar el material sobrante. Para evitar molestias por la generación de polvo se humedecerá la calle para disminuir este efecto.
- Los ruidos producidos por los trabajadores son los normales y no son fuertes ni estridentes.
- La fuente de abastecimiento será el servicio municipal de agua. Será utilizado 1 metro cúbico/día, para preparación de concreto y para la limpieza de las áreas.
- Habrá movimiento de tierra, corte y relleno sin movilización fuera del área de la actividad, esto en el momento del zanjeo y no se hará ningún tipo de cambio en la forma o topografía de los suelos ya que se respetarán los alineamientos actuales del terreno.
- No se tendrá efectos sobre la flora, fauna y bosque.

3. DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS HACIA LA ALDEA DE CALDERAS DEL MUNICIPIO DE AMATITLÁN

3.1. Descripción del proyecto y criterios de diseño

Un diseño geométrico óptimo es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno y cumple con las características de seguridad y comodidad del vehículo. El proyecto de diseño del pavimento rígido de la aldea Mesillas Bajas hacia Calderas considera pavimentar un tramo de 4,2 km de la carretera de acceso, con un ancho de 5,50 metros, con cuneta en ambos lados, con el cual se pretende contribuir al desarrollo de la misma. Se realizaron estudios topográficos, toma de muestras de suelos para ensayos de laboratorio, planos y presupuesto.

El diseño con base en una carretera tipo F, clasificación según la Dirección General de Caminos; con un TPDA (tráfico promedio diario anual) de 90 vehículos y ancho de calzada de 5,50 metros.

3.2. Preliminar de campo

Consiste en obtener la información necesaria para poder diseñar los tramos a pavimentar. La información la constituye el levantamiento topográfico y toma de muestras del suelo.

3.2.1. Reconocimiento

Por medio de fotos satelitales y recorridos sobre la ruta, se establecen los elementos que forman parte de la vía actual como: suelos, pendientes, drenajes, puentes, entronques, obstáculos, entre otros, los cuales se deben considerar previo a la recopilación de datos oficiales que se utilizarán en el diseño geométrico del proyecto.

3.2.2. Levantamiento topográfico

La topografía se utiliza para obtener la información necesaria para diseñar la calle que se va a pavimentar; para este proyecto se realizó un estudio topográfico de planimetría y altimetría, que son bases fundamentales para todo proyecto vial, su aplicación es determinante para obtener la libreta de campo y planos que reflejen la conformación del lugar en donde se realizará la pavimentación.

En este proyecto se utilizó una estación total para realizar la topografía, por lo que se clasifica como primer orden.

3.3. Dibujo preliminar

Con lo observado en la preliminar de campo se procede a dibujar el estado actual de la vía, de esta forma se conocen factores a considerar en el diseño del proyecto y se dan instrucciones a la cuadrilla topográfica que realizará el levantamiento.

3.3.1. Planimétrico

La planimetría es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana, prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal.

La medición de distancias con una estación total se basa en un principio geométrico sencillo conocido como triangulación, determinando las coordenadas geográficas de un punto a partir de otros dos conocidos.

Después de obtenerse en el campo los datos de ángulos, longitud de líneas, entre otros, se efectúan los cálculos necesarios que dan como resultado las coordenadas de la poligonal abierta, ellas se proyectan, se entrelazan y revelan la configuración del terreno en planta; se localiza el eje del camino a pavimentar junto con aquellos detalles de importancia para el diseño geométrico horizontal.

3.3.2. Altimétrico

La altimetría es la parte de la topografía de superficie, que trata de los métodos de campo y gabinete, necesarios para obtener la posición altimétrica de puntos del terreno (coordenada "z"). A los puntos del terreno con posición altimétrica se refiere a elevaciones, alturas o cotas.

Una elevación es una distancia vertical medida desde un plano horizontal hasta un punto o banco de nivel del terreno. En este proyecto se realizó la nivelación usando una estación total mediante el método taquimétrico, como

cota de salida se fijó una arbitraria, entera de 1 000 metros para no tener cotas negativas.

3.3.3. Curvas de nivel

Una curva de nivel es aquella línea que representa todos los puntos que tienen igualdad de condiciones y de altura. Las curvas de nivel se dibujan de acuerdo a las exigencias del proyecto, para este caso se dibujarán a cada metro para que los volúmenes de movimiento de tierras estén apegadas a la realidad.

3.4. Diseño de localización

Consiste en diseñar la línea final o línea de localización, la cual será la definitiva para el proyecto, para realizar estos cálculos se debe colocar en la planta las coordenadas totales de los puntos de intersección de la preliminar, además se deben colocar sus azimut y distancias; en la mayoría de los diseños horizontales existirán casos en donde la línea de localización coincida con la línea de la preliminar. Cuando sea necesario se recurrirá a efectuar medidas gráficas para relacionar la línea de localización diseñada con la línea preliminar colocada en el campo. Luego de calcular las coordenadas de todos los puntos de intersección de localización, se procede a calcular las distancias y los azimut entre los puntos de intersección entre dos rectas.

3.4.1. Corrimiento de líneas

Los corrimientos de líneas se hacen cuando por razones especiales el caminamiento de la preliminar no llena los requerimientos del proyecto, tales como: especificaciones, barrancos, suelos rocosos, entre otros. Los cambios de

línea hechos en campo son bastante costosos, ya que para esto es necesario trasladar la cuadrilla de topografía, por lo que en la mayoría de casos se hacen en gabinete, sobre el dibujo planimétrico de la preliminar, que contiene las curvas de nivel.

Para este diseño no se utilizó corrimiento de líneas, ya que el levantamiento topográfico se realizó sobre el caminamiento preliminar establecido desde un principio, y asimismo todo el diseño fue basado en los datos obtenidos de dicha topografía.

3.4.2. Cálculo de elementos de curva horizontal

El alineamiento horizontal es la proyección del centro de la línea de una obra vial sobre un plano horizontal. Sus elementos son tangentes y curvas horizontales. La posición de los puntos y elementos de un proyecto geométrico, tanto en planta como en elevación, está ligada a los datos geodésicos del banco más cercano a la nueva obra.

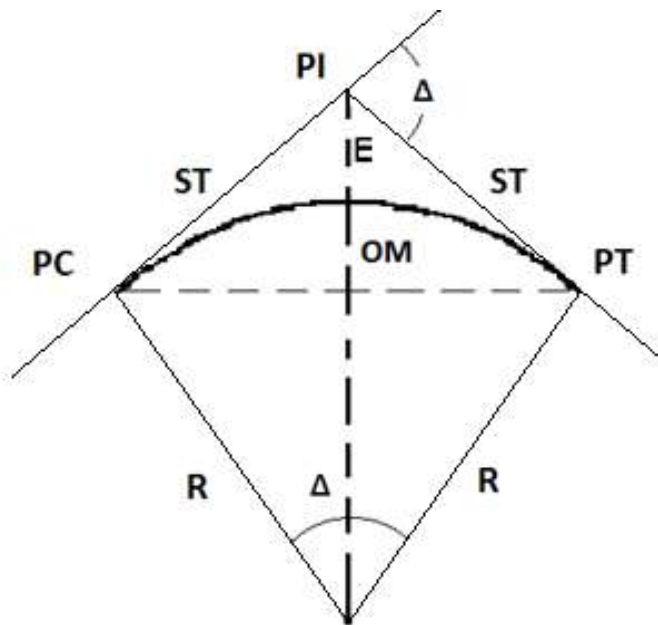
Las tangentes del alineamiento horizontal tienen longitud y dirección. La longitud es la distancia existente entre el fin de la curva horizontal anterior y el principio de la curva siguiente. La dirección es el azimut.

La longitud mínima de una tangente horizontal es el promedio de las dos longitudes de transición de las curvas entre la tangente, que se requiere para combinar en forma conveniente la curvatura, la pendiente transversal y el ancho de la corona. En teoría, la longitud máxima puede ser indefinida, sin embargo, se limita por razones de seguridad, ya que las longitudes muy largas causan somnolencia y dañan los ojos de los operadores.

En una curva circular la curvatura es constante. Para definir una curva circular se parte de dos elementos conocidos, siendo uno de ellos el ángulo de deflexión, definido como aquel que se mide entre un alineamiento y la prolongación del alineamiento anterior, corresponde al ángulo central de la curva necesaria para entrelazar los dos alineamientos geométricos. Este ángulo es usualmente llamado delta (Δ) de la curva.

El punto de tangencia entre el círculo y la recta, correspondiente al inicio de la curva, se denomina PC y el punto de tangencia donde termina la curva es el PT. Una vez escogida la curva se calculan sus elementos, entre los que se encuentran la subtangente (ST), el largo de curva (LC), el radio (R), el principio de curva (PC), el delta (Δ), la cuerda máxima (CM), la ordenada media (OM), el external (E), el centro de la curva, el punto de intersección (PI), como se muestra en la figura siguiente:

Figura 6. **Elementos de la curva circular**



Fuente: elaboración propia, con programa CivilCAD.

El grado de curvatura (G): es el ángulo subtendido un arco de 20 metros. Dado que un ángulo de 360° subtendido un arco de $2\pi R$, el ángulo subtendido por un arco de 20 metros es:

$$360/2\pi R = G/20$$

Por lo que:

$$G = 1\,145,9156/R$$

$$R = 1\,145,9156/G$$

Para el cálculo de los elementos de curva es necesario tener las distancias entre los PI de localización, los deltas calculados y el grado de curvatura (G), que será colocado por el diseñador.

Longitud de curva (LC): la longitud de curva es la distancia, siguiendo la curva, desde el PC hasta el PT. Se representa como LC.

$$LC = 2\pi R/360 \text{ o } LC = 20 \Delta/G$$

Subtangente (ST): es la distancia entre el PC y el PI y el PT, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa como ST.

$$ST = R(\text{tg } \Delta/2)$$

Cuerda máxima (CM): es la distancia en línea recta desde el PC al PT. Se representa como CM.

$$CM = 2R(\text{sen } \Delta/2)$$

External (E): es la distancia desde el PI al punto medio de la curva. Se representa como E.

$$E = R(1 - \cos \Delta/2) / \cos \Delta/2$$

Ordenada Media (OM): es la distancia entre el punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima. Se representa como OM.

$$OM = R (1 - \cos \Delta/2)$$

Principio de curva (PC): es el punto donde da inicio la curva horizontal. Se representa como PC.

$$PC = PT + Tg$$

Principio de tangencia (PT): es el punto donde termina una curva y dónde inicia la tangencia de la recta. Se representa como PT.

$$PT = PC + LC$$

Ejemplo: en el diseño para el caminamiento 0+040

Datos: G propuesto = 47° $\Delta = 57^\circ$

Cálculo de los elementos de la curva

$R = 1\,145,9156/47$	$R = 24,38 \text{ m}$
$LC = [2\pi(24,38)/360]$	$LC = 24,25 \text{ m}$
$ST = [24,38(\text{tg } 57/2)]$	$ST = 13,24 \text{ m}$
$CM = [2(24,38)(\text{sen } 57/2)]$	$CM = 23,27 \text{ m}$

$$OM = [24,38 (1 - \cos 57/2)]$$

$$OM = 2,95 \text{ m}$$

$$E = [24,38(1 - \cos 57/2) / \cos 57/2]$$

$$E = 3,36 \text{ m}$$

$$PC = PT + tg$$

$$PC = 24,93 \text{ m}$$

$$PT = PC + LC$$

$$PT = 49,18 \text{ m}$$

3.4.3. Diseño de subrasante y cálculo de curvas verticales

Las carreteras no solo están conformadas por curvas horizontales, sino que también por curvas verticales. Esto significa que se está trabajando en tres dimensiones; para el diseño y simplificación del trabajo las carreteras se desglosan en planimetría y altimetría. Una curva vertical se da cuando en el perfil hay cambios de pendiente. Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas.

La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de pendiente. Estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más usada en el país por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a la gran adaptación a las condiciones del terreno.

Las especificaciones para curvas verticales dadas por la Dirección General de Caminos, están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño.

La longitud de las curvas verticales debe garantizar el drenaje, tener buena apariencia y proporcionar comodidad al usuario. Es conveniente que la longitud de las curvas verticales tenga un número par de estaciones de 20 metros y que el PCV (Principio de Curva Vertical) coincida exactamente en una estación.

El alineamiento vertical de una vía está compuesto por dos elementos principales: rasante y perfil. La rasante a su vez está compuesta por una serie de tramos rectos llamados tangentes, enlazados entre sí por curvas. La longitud de todos los elementos del alineamiento vertical se consideran sobre la proyección horizontal, es decir, en ningún momento se consideran distancias inclinadas. Los elementos de una curva vertical son:

PCV = Principio de curva vertical

PIV = Punto de intersección vertical

PTV = Principio de tangente vertical

OM = Ordenada máxima

LCV = Longitud de curva vertical

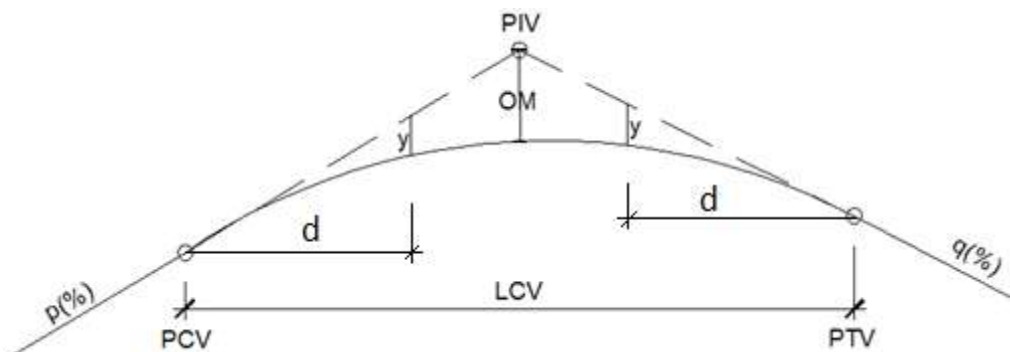
p (%) = Pendiente inicial o de llegada expresada en porcentaje

q (%) = Pendiente final o de salida expresada en porcentaje

y = Corrección vertical

A = Diferencia algebraica de pendientes = $q - p$

Figura 7. **Elementos de la curva vertical**



Fuente: elaboración propia, con programa CivilCAD.

Los elementos de la curva vertical se calculan con las expresiones siguientes:

Criterio de apariencia: se aplica al proyecto de curvas verticales con visibilidad completa, o sea al de curvas cóncavas, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente:

$$K = LCV/A \geq 30$$

Criterio de comodidad: se aplica al proyecto de curvas verticales cóncavas, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo:

$$K = LCV/A \geq V^2/395$$

Criterio de drenaje: se aplica al proyecto de curvas verticales convexas o cóncavas, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente:

$$K = LCV/A \leq 43$$

Criterio de seguridad: se aplica al proyecto de curvas convexas o al de cóncavas. La longitud de curva permitirá que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de la parada:

$$LCV = K * A$$

Donde:

LCV = Longitud mínima de la curva vertical

A = Diferencia algebraica de las pendientes de tangentes verticales

K = Parámetro de la curva

$$OM = A * \frac{LCV}{800}$$

$$y = A * \frac{d^2}{200LCV}$$

Para cada valor de velocidad de diseño se tiene un valor de K, el cual multiplicándolo por la diferencia algebraica de pendientes da la longitud mínima de la curva vertical.

Tabla VIII. **Valor K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño	Valores de K, según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
En K.P.H.		
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12

Fuente: VALLADARES, Jorge Félix. *Guía teórica práctica del curso de vías terrestres 1*. p. 31.

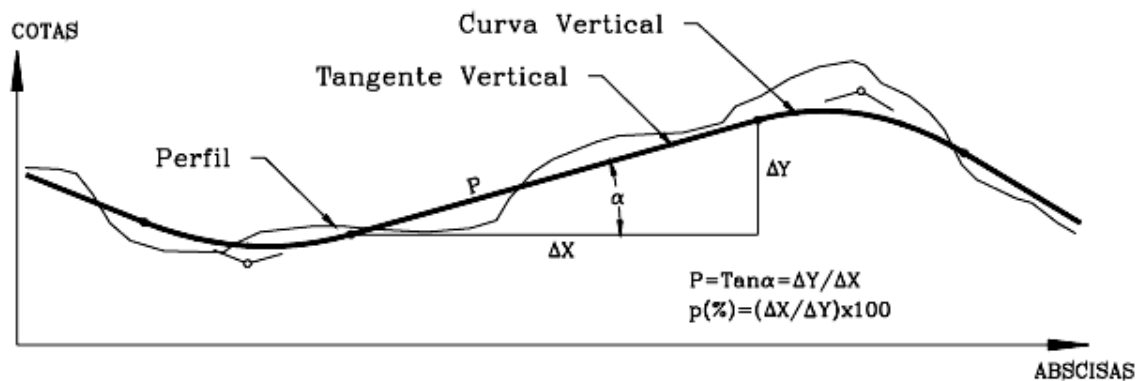
Ejemplo: se diseña una curva vertical para el caminamiento 0+350

$$\begin{aligned} p &= 7,50 \% \\ q &= 9,46 \% \\ A &= 1,96 \% \\ K &= 2 \\ LCV &= 39,2 \text{ m} \\ OM &= 1,96 * (39,2/800) = 0,10 \text{ m} \end{aligned}$$

Diseño de la subrasante:

Está compuesta por tangentes y curvas. Las tangentes tienen su respectiva longitud, la cual es tomada sobre la proyección horizontal (ΔX) y una pendiente (p) definida y calculada como se indica en la figura siguiente y expresada normalmente en porcentaje. Dicha pendiente se encuentra entre un valor mínimo y máximo que depende principalmente del tipo de terreno, el tipo de vía, la velocidad de diseño y la composición vehicular que podría tener la vía.

Figura 8. **Elementos de la subrasante**



Fuente: AGUDELO OSPINA, John Jairo. *Diseño geométrico de vías*. p. 398.

La subrasante define el volumen del movimiento de tierras, el que a su vez se convierte en el renglón más caro en la ejecución, por lo que la subrasante es el elemento que determina el costo de la obra; por esta razón, un buen criterio para diseñarla, es obtener la subrasante más económica.

La línea proyectada para la subrasante compensará en todo lo posible los cortes con los terraplenes en el sentido longitudinal y aún en el transversal cuando se aloja en una ladera que permite compensar lateralmente; es necesario apuntar que el relleno es mucho más costoso que el corte, por lo que hay que tomar en cuenta tal situación para definir lo óptimo.

3.5. Movimiento de tierra

El movimiento de tierras es la actividad más influyente en la construcción de vías, debido a la importancia que en porcentaje de trabajo representa en el proyecto y el costo que conlleva. Además debe contemplar las características geométricas de diseño para construir un proyecto seguro al tránsito.

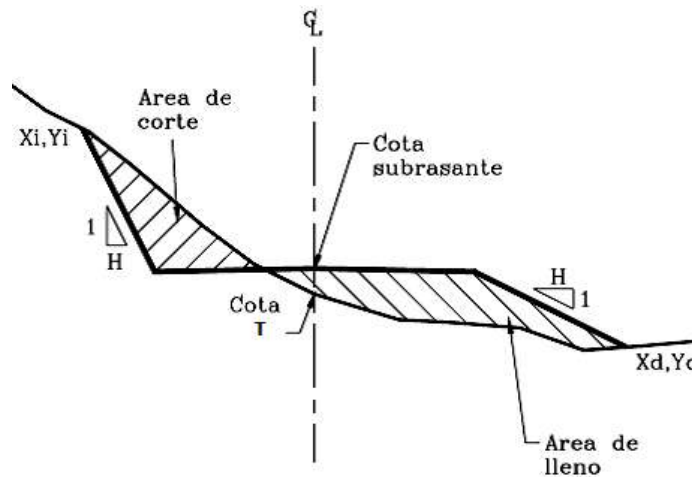
3.5.1. Área de secciones transversales

De acuerdo a la topografía y al alineamiento vertical se pueden tener diferentes tipos de secciones a lo largo de una vía:

- Sección en corte o excavación
- Sección en relleno o terraplén
- Sección mixta
- Sección en corte a media ladera

A partir de las coordenadas de cada vértice de la sección transversal se puede calcular el área de una sección en corte, en relleno o mixta como se muestra en la siguiente figura:

Figura 9. **Área de sección mixta**



Fuente: AGUDELO OSPINA, John Jairo. *Diseño geométrico de vías*. p. 489.

3.5.2. Volúmenes de tierra

El volumen de material, ya sea en corte o en terraplén, comprendido entre dos secciones, se calculará tomando el promedio de las áreas de dichas secciones y multiplicándolo por la distancia entre ellas.

$$V = \frac{(A_1 + A_2)L}{2}$$

Donde:

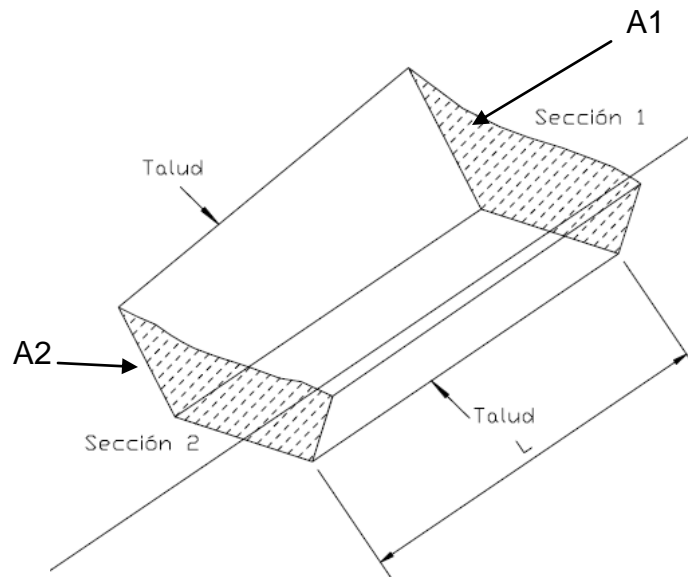
V = Volumen

$A1 = \text{Área de corte 1}$

$A2 = \text{Área de corte 2}$

$L = \text{Distancia que existe entre dos secciones.}$

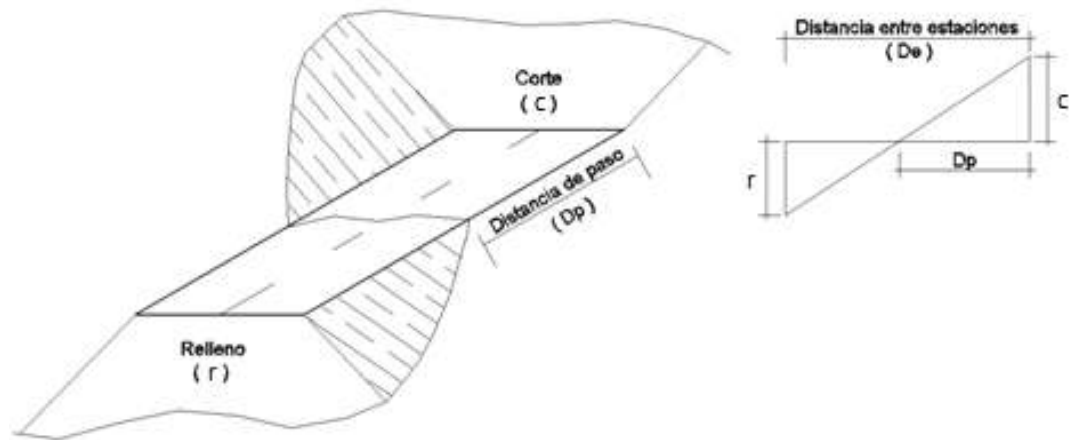
Figura 10. **Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra**



Fuente: AGUDELO OSPINA, John Jairo. *Diseño geométrico de vías*. p. 509.

En caso que dos secciones transversales consecutivas cambien de corte a relleno o viceversa se genera una distancia de paso, a lo largo del cual la cota de terreno coincide con la cota de subrasante, en este caso particular previo a calcular los volúmenes es necesario conocer la distancia de paso.

Figura 11. **Cálculo de distancia de paso**



Fuente: elaboración propia, con programa CivilCAD.

Para el cálculo de volúmenes con sección mixta se presentan las siguientes fórmulas.

Distancia de paso:

$$D_p = \frac{c * D_e}{c + r}$$

Donde:

- Dp = Distancia de paso
- c = Corte
- r = Relleno
- De = Distancia entre estaciones

Distancia de paso de relleno:

$$D_r = \frac{r * D_e}{c + r}$$

Donde:

D_r = Distancia de paso de relleno

c = Corte

r = Relleno

D_e = Distancia entre estaciones

Volumen de corte para secciones mixtas:

$$V_c = \frac{c * D_c}{2}$$

Donde:

V_c = Volumen de corte

c = Corte

D_c = Distancia de corte

Volumen de relleno para secciones mixtas:

$$V_r = \frac{r * D_r}{2}$$

Donde:

Vr = Volumen de relleno

r = Relleno

Dr = Distancia de relleno

3.5.3. Balance y diagrama de masas

La curva masa busca el equilibrio para la calidad y economía de los movimientos de tierras, además es un método que indica el sentido del movimiento de los volúmenes excavados, la cantidad y la localización de cada uno de ellos.

Las ordenadas de la curva resultan de sumar algebraicamente a una cota arbitraria inicial el valor del volumen de un corte con signo positivo y el valor del terraplén con signo negativo; como abcisa se toma el mismo cadenamiento utilizado en el perfil.

Los volúmenes se corrigen aplicando un coeficiente de reducción para el terraplén.

$$B_i = B_o + c - \frac{r}{f}$$

Donde:

B_i = Balance de masa final

B_o = Balance de masa inicial

c = Corte

r = Relleno

f = Factor (de la manera siguiente):

Cuando se analiza un volumen de corte:

$$f = 1 + \%H, (H = \text{Hinchamiento})$$

Cuando se analiza volumen de relleno:

$$f = 1 - \%C, (C = \text{Contracción})$$

3.6. Determinación de la calidad del suelo

En cualquier caso, el suelo es el soporte último de todas las obras de infraestructura, por lo que es necesario estudiar su comportamiento ante la perturbación que supone cualquier actividad humana, en este caso un pavimento.

3.6.1. Ensayos de laboratorio

A continuación se describen los ensayos aplicados al proyecto de pavimentación en el presente proyecto junto con sus procesos y resultados.

3.6.1.1. Límites de Atterberg

La consistencia es el grado de cohesión que tienen las partículas de los suelos arcillosos, estos pueden tener diferentes grados de cohesión dependiendo de la cantidad de agua que contengan, esto da lugar a los estados de consistencia. Las partículas de una arcilla muy seca pueden estar tan estables como las de un ladrillo, con plasticidad nula y estas mismas partículas con gran contenido de agua pueden presentar las propiedades de un lodo semilíquido o inclusive, las de una suspensión líquida. Debido a lo anterior, los

límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos presentes en la naturaleza pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua; así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido.

- Límite líquido

Es el estado del suelo cuando se comporta como una pasta fluida. Se define como el contenido de agua necesario, para que a un determinado número de golpes (normalmente 25), en la copa de Casagrande, se cierre 1,27 centímetros a lo largo de una ranura formada en un suelo remoldeado, cuya consistencia es la de una pasta dentro de la copa.

- Límite plástico

El límite plástico está definido como el contenido de humedad, en el cual una masa de suelo se encuentra entre el estado semisólido y el estado plástico; en el estado semisólido el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado y en el estado plástico el suelo se comporta plásticamente. Arbitrariamente, también se define como el contenido de humedad del suelo en el cual un cilindro se rompe o se agrieta, cuando se enrolla a un diámetro aproximado de tres milímetros (1/8 pulgadas), al rodarse con la palma de la mano sobre una superficie lisa.

- Índice plástico

Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP). Representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la calidad y tipo de arcilla presente en la

muestra; sin embargo, el índice de plasticidad depende generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo.

3.6.1.2. Granulometría

La variedad en el tamaño de las partículas del suelo, casi es ilimitada; por definición, los granos de mayor tamaño son los que se pueden mover con gran facilidad, mientras que los más finos son tan pequeños que no se pueden apreciar con un microscopio corriente.

Para clasificar por tamaño de partículas gruesas, el procedimiento más expedito es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de las partículas, el tamizado se hace cada vez más difícil teniéndose entonces que recurrir al procedimiento de sedimentación.

El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada. Obviamente para obtener un resultado satisfactorio la muestra debe ser estadísticamente representativa de la masa de suelo.

Su determinación en laboratorio es como sigue: se toman las mezclas a analizar y se pasan por mallas de aberturas conocidas de acuerdo con las normas ya establecidas para este propósito. Después se pesa el material retenido en cada una de las mallas y se grafican los resultados, formándose así una curva entre los tamaños de las partículas y los porcentajes en peso que pasan una malla dada. Los tamaños inferiores a la malla 200 se consideran finos. La última porción granulométrica se puede obtener por lavado en lugar de usar todas las mallas. Si se pretende obtener la graduación de esta porción fina, ello se hará mediante la prueba del hidrómetro.

3.6.1.3. CBR

El ensayo de CBR tiene como función la determinación de la resistencia de un suelo ante un esfuerzo cortante en condiciones de compactación y humedad.

Este ensayo consiste en preparar la muestra del suelo con la humedad óptima encontrada en el ensayo de Proctor modificado, dicha muestra se procede a compactar en 5 capas en un cilindro metálico de 0,075 pies cúbicos de volumen, dicha compactación se realiza con un martillo de 10 libras. A una caída libre de 18 pulgadas.

El material debe estar compactado a diferentes porcentajes, esto se logra compactando tres muestras en tres cilindros por separado, las muestras deben ser compactadas a 10, 30 y 65 golpes con el martillo anteriormente descrito. Esto tiene como fin la obtención de distintos grados de compactación. Posteriormente se procede a sumergir en agua las muestras compactadas en los cilindros por un período de 72 horas tomando medidas de hinchamiento a cada 24 horas.

Una vez transcurridas las 72 horas se procede a someter a la muestra a una carga (a velocidad constante) producida por un pistón de 3 pulgadas cuadradas de área, se calculan los esfuerzos para las penetraciones de 0,1 y 0,2 pulgadas.

El CBR es expresado como un porcentaje del esfuerzo determinado para hacer penetrar el pistón a 0,1 y 0,2 pulgadas en una muestra de piedra triturada. Este procedimiento de ensayo está regido por la Norma AASHTO STANDARD T-193.

Tabla IX. **Calidad de subrasante en función del CBR**

CBR (%)	Calidad de subrasante
0 - 3	Muy mala
3 - 5	Mala
5 - 20	Buena
20 - 30	Excelente

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. p. 191.

3.6.1.4. Proctor

El ensayo permite conocer las características de compactación de un suelo: humedad óptima y densidad máxima. Existen dos tipos de análisis:

- Proctor estándar
- Proctor modificado

La compactación es el proceso, realizado generalmente por medios mecánicos, de efectuar presiones sobre el material para mejorar su densidad o acondicionar mejor su volumen disminuyendo sus vacíos. En este ensayo se trabaja con el proctor modificado, según AASHTO T-180.

Análisis de resultados

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las graficas que se encuentran en los anexos. De estos resultados dependen los espesores de las capas que conforman el pavimento rígido.

El resumen de los resultados se muestra a continuación:

- Clasificación P.R.A.: A-4
- Clasificación S.C.U.: SM
- Descripción del suelo: arena limosa color café oscuro
- Límite líquido: 36,3 %
- Índice plástico: 5,9 %
- Descripción del suelo
con respecto a los límites: arena limosa color café oscuro
- Densidad seca máxima: 1 610,33 kg/m³
- Humedad óptima: 21,40 %
- CBR critico: 12,5 % al 95 %

3.6.2. Criterios para definir la capa de rodadura

Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante actual son fundamentales, ya que por medio de ellas y otros factores como el tránsito, el clima, los materiales disponibles en el lugar, sabiendo los resultados de los ensayos de laboratorio se puede definir la composición de la carpeta de rodadura, si los parámetros del índice de plasticidad o el límite líquido no satisficieran los valores establecidos se debe agregar arena o pedrín a fin de modificar estos valores. Con los resultados obtenidos se clasifica la subrasante como buena.

3.7. Diseño de pavimento

La Asociación del Cemento Portland (PCA) ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de losa adecuada, para soportar las cargas de tránsito en las calles y carreteras.

Estos son: método de capacidad, que es utilizado cuando se cuenta con la información detallada de datos de carga por eje de los vehículos que transitan por la carretera; que son obtenidos de estaciones representativas de peso de camiones y el método simplificado se utiliza cuando no es posible obtener datos de carga por eje.

3.7.1. Método a utilizar

Existen dos métodos para el cálculo del espesor de pavimentos rígidos, (1) Método de capacidad y (2) Método simplificado, según la Asociación del Cemento Portland (PCA por sus iniciales en inglés). Para el diseño del pavimento rígido se utilizará el método simplificado, en donde se ha elaborado tablas basadas en distribuciones de carga eje para diferentes categorías de calles y carreteras, estas tablas están diseñadas con un factor de seguridad de carga de 1, 1,1, 1,2 y 1,3 para las categorías 1 a la 4 respectivamente.

Diseño de subrasante

La subrasante es la capa del terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecta la carga de diseño que corresponde a la estructura prevista. El soporte que la subrasante presta al pavimento se expresa con el valor del módulo de reacción “K” de la subrasante y puede ser determinado mediante ensayos en el terreno o por correlación de valores soportes establecidos mediante otros ensayos.

El módulo de reacción K de la subrasante, se encontró utilizando la figura 12, tomando en cuenta el porcentaje de CBR de 12,5 al 95 por ciento de compactación, el valor de K aproximado es igual a 215 libras por pulgada

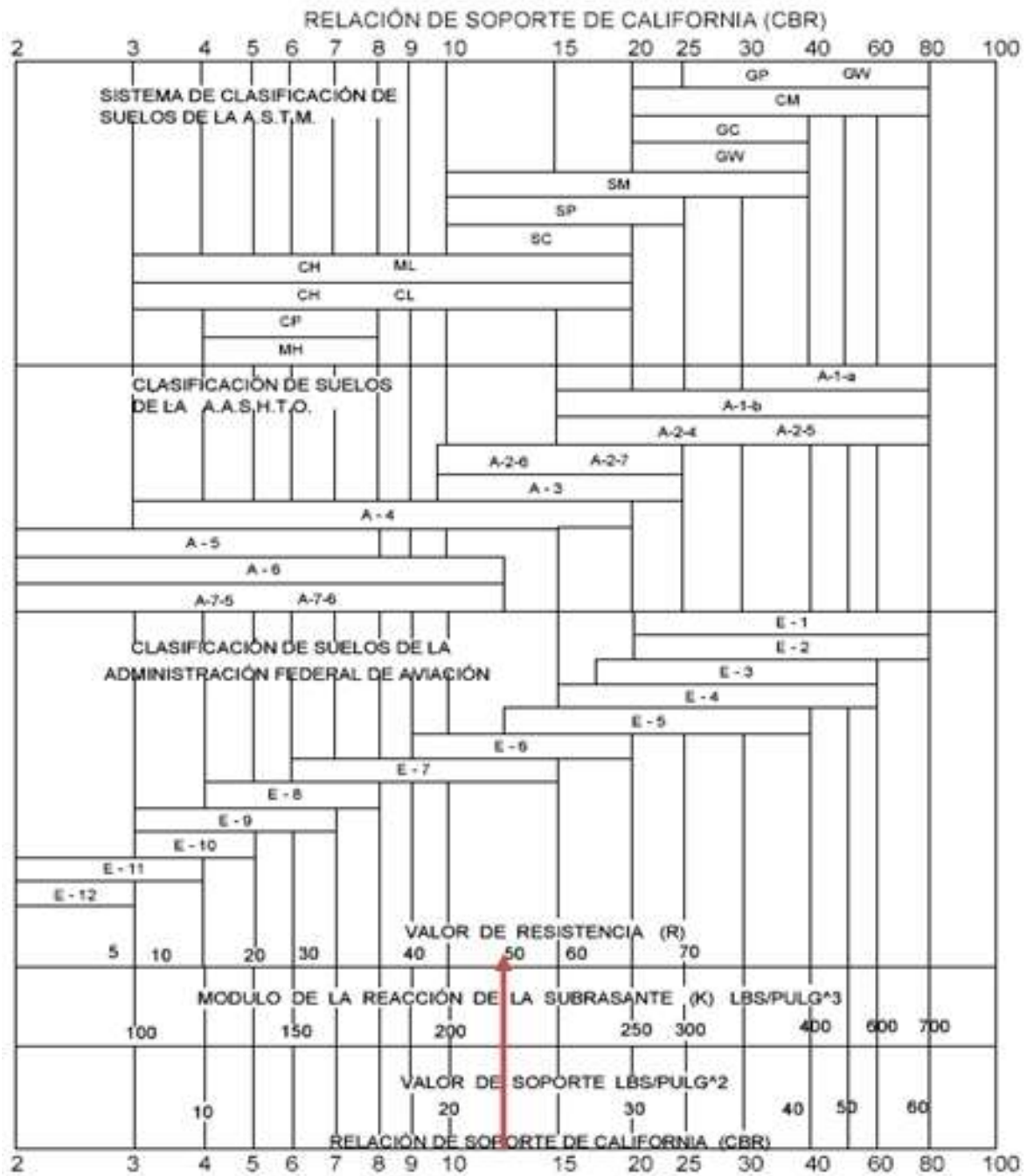
cúbica, utilizando la tabla IX, para un valor inicial de K de 215 libras por pulgada cúbica se propone un espesor de capa de 6 pulgadas, ya que al aumentar el espesor de la capa el valor del módulo K aumenta también, esto da como resultado un valor de K de 245 libras por pulgada cúbica.

Tabla X. **Espesor de capa base**

Valor del espesor de la base				
Subrasante valores de K PSI	4 Plg	6 Plg	9 Plg	12 Plg
	subbase valores de K PSI			
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos



Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 5.

Procedimiento de diseño para pavimento rígido

El período de diseño que este método considera es de 20 años. Para este método debe conocerse la combinación de esfuerzos entre la subrasante y la base.

El procedimiento de este método consiste en tres pasos:

- 1) Clasificar la vía a pavimentar según su tráfico en función de las cargas por eje y determinar el TPPD (tránsito pesado promedio diario).
- 2) Determinar el módulo de reacción K de la subrasante para determinar la condición de apoyo y espesor de base.
- 3) Determinar el espesor de la losa de concreto con ayuda de los datos anteriores y el uso de la tabla correspondiente a la categoría de la carretera.

Procedimiento:

- 1) Clasificación de la vía y determinación del TPPD:

Dado que el tramo carretero se encuentra en una zona rural y es un camino secundario con un tránsito pesado medio, y por este camino se transportarán las cosechas de los habitantes, su clasificación fue la categoría 1 según la siguiente tabla.

Tabla XI. **Categorías de tráfico en función de cargas por eje**

Categoría por carga	Descripción	TPDA	TPPD		Carga máxima por eje	
			%	Por día	Sencillo	Doble
1	Calles residenciales, caminos rurales y secundarios (de bajo a medio*)	200 - 800	1 - 3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, caminos rurales y secundarios (altos*), carreteras primarias y calles arteriales.	700 - 5 000	5 - 18	40 - 1 000	26	44
3	Caminos primarios y arterias principales (medio*), viaductos, vías rápidas periféricos, vialidades urbanas y rurales (de bajo a medio*)	3 000 - 12 000 en 2 carriles, 3 000 - 50 000 en 4 carriles	8 - 30	500 - 1 000	30	52
4	Arterias principales, carreteras principales, viaductos (altos*), carreteras y vías urbanas y rurales (de medios a alto*)	3 000 - 20 000 en 2 carriles, 3 000 - 150 000 en 4 carriles o más	8 - 30	1 500 - 8 000	34	60

Fuente: WESTERGAD, H. N. *Computation of stresses in concrete roads*. p. 48.

La descripción del soporte corresponde al peso relativo de los ejes cargados para el tipo de calle o camino, es decir, bajo para un camino rural representaría cargas más pesadas que para el caso de bajo para un camino secundario.

Para poder determinar el TPPD (tránsito pesado promedio diario) con la tabla anterior (X), es necesario conocer el TPDA (tránsito pesado

promedio anual), el cual puede ser estimado con la ayuda de la siguiente tabla.

Tabla XII. **Clasificación funcional de las carreteras regionales**

TPDA	> 20,000		20,000 - 10,000		10,000 - 3,000		3,000 - 500	
	C	S	C	S	C	S	C	S
AR - Autopistas Regionales	6 - 8	Pav.	4 - 6	Pav.				
TS - Troncales Suburbanas	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
TR - Troncales Rurales	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
CS - Colectoras Suburbanas			2 - 4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR - Colectoras Rurales					2	Pav.	2	Pav.

Fuente: CORONADO ITURBIDE, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*.

p. 36.

Por el tipo de vía que es el tramo carretero de dos carriles, puede ser clasificado como CR (colectoras rurales), tomando como estimación un TPDA de 500.

Una vez obtenido el TPDA se procedió a obtener el TPPD con la ayuda de la tabla X, el TPPD está dado como un porcentaje del TPDA, para este proyecto se tomó un porcentaje de 3 por ciento según la tabla, dando como resultado un TPPD de 15, siendo esto como el número de camiones pesados que pasan en el día.

2) Determinación del módulo de reacción K de la subrasante

El módulo de reacción de la subrasante K es la relación entre el esfuerzo aplicado a una placa de suelo y la deformación que dicha placa sufra por efecto del esfuerzo. Este módulo puede ser determinado por un ensayo *in*

situ, pero dadas las condiciones se logró determinar este módulo de reacción por medio de la figura 12 y la tabla IX vistas anteriormente, que está en función del CBR y es igual a 245 aproximadamente.

Una vez conocido el módulo de reacción K se procedió a encontrar la condición de apoyo de la subrasante con la ayuda de la siguiente tabla.

Tabla XIII. **Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K**

Tipos de suelo	Soporte	Rango de valores de K
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 - 120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla	Medio	130 - 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos	Alto	180 - 220
Subbases tratadas con cemento	Muy alto	250 - 400

Fuente: WESTERGAARD, H. N. *Computation of stresses in concrete roads*. p. 49.

Dado que el módulo de reacción es de 245 libras por pulgada cúbica, la condición de apoyo de la subrasante según la tabla XII es muy alta.

Para este proyecto se diseñó una resistencia del concreto de 4 000 PSI (libras por pulgada cuadrada) utilizando agregados, cemento y agua de buena calidad estimando un módulo de ruptura del concreto de 600 libras por pulgada cuadrada.

3) Determinación del espesor de la losa de concreto

Dado que el tramo carretero corresponde a la categoría de carga por eje Núm. 1, la tabla que le corresponde para determinar el espesor de la losa de concreto según el método de la PCA simplificado es la tabla XIII, esta tabla presenta los valores de TPPD permisibles para esta categoría de vía.

Para determinar el espesor de la losa para este pavimento, no se estimó la utilización de acotamiento ni guarnición ya que no será monolítico por lo que se utilizaron los datos del lado izquierdo de la tabla XIII.

El módulo de ruptura del concreto se estimó con el quince por ciento de la resistencia estimada del concreto ante un esfuerzo de compresión, $f'c$ de 4 000 libras sobre pulgada cuadrada (281 kg/cm^2) a los 28 días de curado, por lo que el valor estimado del módulo de ruptura es de 600 libras sobre pulgada cuadrada ($0,15 \times 4\ 000 \text{ psi} = 600 \text{ psi}$).

Debido a que la condición de apoyo del terreno es muy alto según la tabla XII anteriormente vista, se procedió a ubicarse en la columna que corresponde a la condición de apoyo del terreno alto ubicada del lado izquierdo de la tabla XIII, luego se precedió a ubicarse en la parte que corresponde a un $M_r = 600$ libras por pulgada cuadrada (42 kg/cm^2) el cual fue el módulo de ruptura asumido con una resistencia a la compresión de 4 000 libras por pulgada cuadrada de este pavimento; se ubicó el número de tráfico pesado promedio (TPPD) igual a 15, el cual fue determinado anteriormente; se determina el valor próximo el cual tiene un TPPD permisible de 98, por lo tanto el espesor en pulgadas de la losa debe de ser de 6 pulgadas.

Tabla XIV. **Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de MR y K**

SIN HOMBROS DE CONCRETO O BORDILLO				CON HOMBROS DE CONCRETO O BORDILLO			
Espesor de losa pulgadas	SOPORTE DE SUBRASANTE Y SUBBASE			Espesor de losa pulgadas	SOPORTE DE SUBRASANTE Y SUBBASE		
	BAJO	MEDIO	ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO
MR = 650 PSI							
4,5			0,1	4 - 4,5	2	0,2 - 8	0,9 - 25
5 - 5,5	0,1 - 3	0,8 - 15	3 - 45	5 - 5,5	30 - 320	130	330
6 - 6,5	40 - 330	160	430				
MR = 600 PSI							
5 - 5,5	0,5	0,1 - 3	0,4 - 9	4 - 4,5	0.2	1	0.1 - 5
6 - 6,5	8 - 76	36 - 300	98 - 760	5 - 5,5	6 - 73	27 - 290	75 - 730
7 - 7,5	520			6	610		
MR = 550 PSI							
5,5	0,1	0,3	1	4.5		0.2	0.6
6 - 6,5	1 - 13	6 - 60	18 - 160	5 - 5,5	6 - 73	27 - 290	75 - 730
7 - 7,5	110 - 620	400		6	130	480	

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 148.

3.7.2. Diseño de juntas

En el diseño de juntas está comprendida la determinación de espaciamiento longitudinal y transversal, la transferencia de cargas, construcción de las juntas y materiales de sellado, las juntas permiten la contracción y expansión del pavimento, lo cual libera de tensiones a la losa, las juntas más comunes en un pavimento rígido son: juntas longitudinales, juntas transversales, juntas de expansión, juntas de construcción.

Juntas longitudinales: dividen los carriles y controlan el agrietamiento y es la que junta que determina el ancho del carril.

Juntas de expansión: conocida también como junta de aislamiento y son las que permiten el movimiento sin dañar las estructuras adyacentes.

Juntas de construcción: conocida como junta transversal de construcción, son planas y no se benefician del engrape del agregado, controlan principalmente, el agrietamiento natural del pavimento, su diseño y construcción apropiados son críticos para el desempeño general del pavimento, estas juntas siempre están orientadas perpendicularmente a la línea central.

El tipo de junta longitudinal seleccionada es de dovela (aquella que fue diseñada para la transmisión de carga de una losa hacia la siguiente), por las ventajas que este proceso proporciona, en la disminución del espesor de la losa. Para este proyecto la capa de rodadura llevará junta transversal a cada tres metros y longitudinal al centro de la calle, estas juntas deberán ser llenadas con un material adecuado como el sello elastomérico para evitar la filtración del agua a la subrasante.

3.7.3. Diseño de mezcla

Para el diseño de la mezcla del pavimento fue utilizado el método del ACI (American Concrete Institute). La teoría de la relación agua-cemento establece que para una combinación dada de materiales (y mientras se obtenga una consistencia de trabajabilidad), la resistencia del concreto a cierta edad depende de la relación del peso del agua de la mezcla al peso del cemento. En otras palabras, si la relación de agua-cemento es fija, la resistencia del concreto a una determinada edad también es esencialmente fija, mientras la mezcla sea plástica y manejable y el agregado sólido, durable y libre de materiales dañinos.

Una vez que se ha establecido la relación agua-cemento y seleccionado la manejabilidad y consistencia que se necesite para el diseño específico, el resto será simple manejo de tablas basadas en resultados de numerosos ensayos de laboratorio y que ayudan a obtener mezclas con las características deseadas.

Para el proyecto se requiere un concreto con una resistencia a la compresión de $f'c$ de 281 kilogramos sobre centímetro cuadrado (4 000 psi) a los 28 días de curado, dicho concreto no incluirá aire en la mezcla.

Al requerir un concreto con una resistencia a la compresión de 4 000 lb/plg² (281 kg/cm²) a los 28 días de curado, se indica un revenimiento para pavimentos de 8 cm como máximo; esto da una relación de agua-cemento de 0,49; conociendo el revenimiento máximo de la mezcla, se obtiene la cantidad de agua por metro cúbico de concreto, que para este caso es de 182 l/m³, utilizando un tamaño máximo del agregado grueso de 1 pulgada. El porcentaje de arena sobre el agregado total, se obtiene al conocer el tamaño máximo del agregado grueso. Para este caso es de 39 por ciento.

Tabla XV. **Revenimiento**

Tipos de construcción	Revenimientos, en cm	
	Máximo	Mínimo
Muros y zapatas de cimentación reforzadas	8 (10)	2 (4)
Zapatas simples y muros para subestructuras no reforzados	8	2
Vigas y muros reforzados	10	2 (4)
Columnas para edificios	10	2 (6)
Pavimentos y losas**	8	2
Concreto masivo	5 (6)	2 (0)

Fuente: GONZÁLEZ SANDOVAL, Federico. *Manual de supervisión de obras de concreto*.

Tabla 14.

Tabla XVI. **Relación de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados**

Asentamientos	Cantidad de agua litros/metro cúbico				
	3/8 Plg	1/2 Plg	3/4 Plg	1 Plg	1 1/2 Plg
3 a 5	205	200	185	180	175
8 a 10	225	215	200	195	180
15 a 18	240	230	210	205	200

Fuente: elaboración propia.

Los valores son resistencias promedio estimadas para concreto que contienen porcentajes de aire menores que las mostradas en la tabla de contenido de agua y aire según el revenimiento y tamaño de agregado. Para una relación constante de agua-cemento, la resistencia del concreto se reduce conforme se aumenta el contenido de aire.

Tabla XVII. **Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos de los agregados**

Resistencia a la compresión a los 28 días (PSI)	Relación agua-cemento	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
6 000 psi (420kg/cm ²)	0,41	
5 000 psi (350kg/cm ²)	0,48	0,4
4 000 psi (281kg/cm ²)	0,57	0,48
3 000 psi (210kg/cm ²)	0,68	0,59
2 000 psi (140kg/cm ²)	0,82	0,74

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 154.

Pasos para el diseño de la mezcla de concreto

Calcular la cantidad de cemento dividiendo la cantidad de agua por metro cúbico según la relación agua-cemento; considerando que un litro de agua peso un kilogramo. El cemento se divide por 0,48 para con concretos con aire incluido con una resistencia de 4 000 libras fuerza por pulgada según la tabla XVI.

$$\text{Cemento} = \frac{195 \text{ l/m}^3}{0,48} = 406,25 \text{ kg/m}^3$$

Como el peso volumétrico del concreto es igual al peso total de agua, más el peso de los agregados, más el peso del cemento; se calcula la cantidad de los agregados, restando del peso volumétrico el peso del agua y del cemento.

$$\text{PV} = \text{Cemento} + \text{Agregado} + \text{Agua}$$

$$\text{Agregado} = \text{PV} - \text{Cemento} - \text{Agua}$$

$$\text{Agregado} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 - 406,25 \text{ kg/m}^3 - 195 \text{ L/m}^3$$

$$\text{Agregado} = 1\,798,75 \text{ kg/m}^3$$

La cantidad de arena, se obtiene multiplicando el peso total del agregado por el porcentaje de arena correspondiente:

$$\text{Agregado fino} : 42 \%$$

$$\text{Arena} = 1\,798,75 \times 42 \%$$

$$\text{Arena} = 755,48 \text{ kg/m}^3$$

Tabla XVIII. **Porcentaje de arena sobre agregado grueso**

Tamaño Máximo Agregado Grueso	Porcentaje de Arena sobre Agregado Total
3/8 pulgadas	48
1/2 pulgadas	46
3/4 pulgadas	44
1 pulgada	42
1 1/2 pulgadas	40

Fuente: elaboración propia.

La cantidad de pedrín será, el agregado total menos la cantidad de arena o restando el porcentaje total menos el porcentaje de arena:

$$\text{Agregado grueso} : 100 - 42 = 58 \%$$

$$\text{Pedrín} = 1\,798,75 - 755,48$$

$$\text{Pedrín} = 1\,043,27 \text{ kg/m}^3$$

El volumen total del pavimento será de $3\,939,50 \text{ m}^3$, habiéndole aplicado el 8 por ciento de desperdicio, se concluye entonces que la proporción final será:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Cemento} & : & \text{arena} & : & \text{pedrín} & : & \text{agua} \\ \\ \frac{406,25}{406,25} & : & \frac{755,48}{406,25} & : & \frac{1\,043,27}{406,25} & : & \frac{195}{406,25} \\ \\ 1 & : & 1,86 & : & 2,57 & : & 0,48 \end{array}$$

Tabla XIX. **Relación de mezcla**

Relación mezcla			
Cemento	Arena	Piedrín	Agua
1	1,86	2,57	0,48

Fuente: elaboración propia.

Para obtener la relación en volumen para 1 metro cúbico, primero se debe multiplicar por ese valor y dividir después los valores dentro del peso específico de cada material.

$$\text{Cemento} = 406,25 \text{ kg/m}^3 * 1\text{m}^3 = 406,25 \text{ kg} / 42,5 \text{ kg} / \text{saco} = 10 \text{ sacos}$$

$$\text{Arena} = 755,48 \text{ kg/m}^3 * 1\text{m}^3 = 755,48 \text{ kg} / 1\,400 \text{ kg} / \text{m}^3 = 0,54 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrín} = 1\,043,27 \text{ kg/m}^3 * 1\text{m}^3 = 1\,043,27 \text{ kg} / 1\,600 \text{ kg} / \text{m}^3 = 0,65 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 195 \text{ l/m}^3 * 1\text{m}^3 = 195 \text{ l} / 3,785 \text{ l/gal} = 52 \text{ galones}$$

Para lograr la conversión de la relación de peso a relación en volumen, se debe tomar en cuenta que un saco de cemento tiene un volumen de un pie cúbico.

$$1\text{pie}^3 * \left(1 \text{ m} / 3,28 \text{ pie}\right)^3 = 0,028 \text{ m}^3 * 10 = 0,27\text{m}^3$$

$$\frac{0,27}{0,27} : \frac{0,54}{0,27} : \frac{0,65}{0,27}$$

Tabla XX. **Proporción volumen**

Proporción volumen/m3			
Cemento	Arena	Piedrín	Agua
1	2	2,4	52 gal.

Fuente: elaboración propia.

3.8. Drenajes

Los drenajes son colocados en la carretera para evitar que el agua se filtre en la carpeta de rodadura, ya que al filtrarse dañará el material existente en la subrasante provocándole daños.

Las acumulaciones de agua son perjudiciales, la forma de que no afecten a la carretera es evacuándola y conduciéndola por medio de drenajes. La vida útil de la carretera depende mucho de los drenajes, estos evitan derrumbes o deslizamientos, para que funcionen eficientemente deben tener mantenimiento constante.

3.8.1. Drenaje longitudinal

Diseño de cunetas: son canales abiertos que se calculan por el método de Manning, se colocan paralelamente a uno o ambos lados del camino, sirven para evacuar el agua que cae en la sección de corte en una carretera, en pendientes fuertes se deben proteger del escurrimiento y acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

$$Q = \frac{1}{n} A * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

Q = Caudal [m^3/s]

A = Área [m^2]

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

R = Radio hidráulico (área de la sección entre el perímetro mojado) [m]

S = Pendiente del canal (%)

Para el diseño del pavimento de la carretera Mesillas Bajas hacia Calderas se utilizó cuneta en ambos lados con un ancho de 0,40 m. tomando en cuenta que el punto de unión de la carretera de Mesillas Bajas hacia la carretera que lleva hacia la circunvalación al lago de Amatitlán, cuenta con cuneta en ambos lados con las dimensiones mencionadas. Para la reducción de costos el material seleccionado para el revestimiento de la cuneta es mampostería de piedra.

Se realizará el procedimiento para el diseño de la cuneta con la pendiente crítica que corresponde al tramo ubicado en la estación 1+400 a la estación 1+600, esto con el fin de poder comparar si la cuneta propuesta cumple con el caudal a drenar en el proyecto.

Datos:

Pendiente = 0,23 %

Área a drenar = 0,66 Ha

Elevación = 4,60 metros

Longitud = 0,200 Km

El valor del coeficiente de escorrentía se tomó de la tabla de valores de escorrentía, se consideró el área del proyecto como bosques y tierras cultivadas por lo que el coeficiente de escorrentía adecuado para el área es de 0,20.

Tabla XXI. Coeficiente de escorrentía

Características de superficie	Coeficiente de escorrentía
Techos	0,70 - 0,90
Pavimentos	0,85 - 0,90
Concreto y asfalto	
Piedra o ladrillo (buenas condiciones)	0,75 - 0,85
Concreto y asfalto	
Piedra o ladrillo (malas condiciones)	0,40 - 0,70
Calles	
Terracería	0,25 - 0,60
De arena	0,15 - 0,30
Parques, jardines, prados, entre otros	0,05 - 0,25
Bosques y tierras cultivadas	0,01 - 0,20

Fuente: Material de apoyo de sanitaria II, segundo semestre 2009.

Con la siguiente tabla se estima la intensidad de la lluvia, tomando un período de tiempo de 20 años y la ciudad de Guatemala como lugar más cercano al municipio de Amatitlán.

Tabla XXII. **Tiempo de concentración**

	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala	2838/t + 18	3706/t + 22	4204/t + 23	4604/t + 24
Bananera Izabal	5771.5/t + 48.98	7103.95/t + 53.80	7961.65/t + 56.63	8667.77/t + 58.43
Labor Ovalle, Quetzaltenango	977.7/t + 3.80	1128.5/t + 3.24	1323.5/t + 3.48	-----
El Pito Chocolá, Suchitepequez	11033.6/t + 101.10	11618.7/t + 92.19	13455.2/t + 104.14	-----
La Fragua, Zacapa	3700.5/t + 50.69	3990.5/t + 41.75	4049.0/t + 37.14	-----

Fuente: tabla proporcionada por INSIVUMEH.

$$I = \frac{4\ 604}{t + 24}$$

Donde:

a y b = Variación en cada región, datos proporcionados por el
INSIVUMEH

t = Tiempo de concentración en minutos

$$I = \frac{4\ 604}{4,95 + 24} = 159,03 \text{ min}$$

Luego de encontrada la intensidad de lluvia se procedió a encontrar el caudal a drenar, dicho caudal se encontró con la fórmula del método racional.

$$Q = CIA/360$$

$$Q = (0,20 * 159,03 * 0,66)/360$$

$$Q = 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se tomó la mitad del área de la carretera, porque se tiene previsto cunetas en ambos extremos, de manera que cada cuneta drenará el agua correspondiente a la mitad.

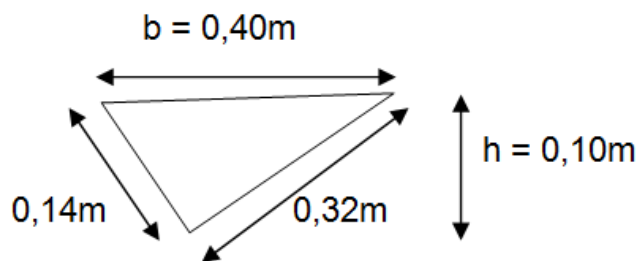
Condiciones de diseño:

S = 0,23 %

Lleno al 70 %

n = 0,025 (mampostería de piedra)

Figura 13. **Sección de cuneta**



Fuente: elaboración propia, con programa CivilCAD.

Cálculo de radio hidráulico

$$Rh = \frac{Am}{Pm}$$

Donde:

Rh = Radio hidráulico

Am = Área mojada

Pm = Perímetro mojado

$$Rh = \frac{(0,10 * 0,40)/2}{0,32 + 0,14} = \frac{0,02}{0,46}$$

$$Rh = 0,043 \text{ m}$$

Usando la fórmula de Manning

$$Q = \frac{1}{n} A * R^{2/3} * S^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{0,025} (0,66) * (0,043)^{2/3} * (0,0023)^{1/2}$$

$$Q = 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

El área de la cuneta propuesta es suficiente para transportar el caudal de diseño.

Contra cunetas: son canales destinados a evitar que el agua llegue a los taludes y cauce deslizamientos o derrumbes en los cortes de la carretera. La contra cuneta deberá colocarse en la parte más alta del talud, a una distancia no menor de 2 metros de la orilla superior del talud, tomando en cuenta el tipo de suelo existente en el área para evitar derrumbes. En este caso no será necesario utilizar contra cunetas, ya que los taludes no exceden los dos metros de alto.

Bombeo de la superficie: el bombeo sirve para evacuar el agua hacia las cunetas que no corra longitudinalmente sobre la superficie. Es la pendiente que se le da al camino, para evitar que el agua de lluvia se estanque en la superficie y ocasione problemas de infiltración en las capas de subbase y subrasante, provocando saturación del terreno y ablandándolo; lo cual generará daños al

pavimento. El bombeo utilizado en caminos pavimentados varía desde 1/2 a 3 por ciento, en este proyecto se utilizó un bombeo de 3 por ciento.

3.8.2. Drenaje transversal

Son tuberías que se colocan para desalojar el agua que viene de las cunetas o de arroyos. Se encuentran a lo largo de la carretera, son necesarias en tramos de corte y sirven para conducir agua al otro lado de la carretera. Se compone de las siguientes partes: caja recolectora de caudal, que recibe el agua proveniente de la ladera de la carretera para trasladarla a la tubería; muro cabezal de salida, protege la tubería y el relleno de la carretera para que no se erosione y si la pendiente del terreno en corte es muy fuerte, se colocan adicionalmente disipadores de energía al final de la tubería, que servirán para que el agua que desfoga no erosione el suelo y provoque hundimientos.

Para el cálculo del caudal con el que se diseñan los drenajes transversales se utilizó el método racional, donde se asume que el caudal máximo para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima. Para lograr esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración). En los planos se encuentran las secciones típicas de los drenajes transversales a utilizar.

Figura 14. **Mapa de la cuenca de drenaje crítico**



Fuente: Google Earth. Consulta: 21 de octubre de 2014.

Datos:

Área a drenar: 1,32 Ha

Longitud de cauce: 0,200 km

Pendiente: 0,23 % (promedio)

Coefficiente de escorrentía: 0,20

Elevación entre cauce: 4,60 m

Factor de rugosidad: 0,013

El valor del coeficiente de escorrentía se tomó de la tabla XX siendo este de 0,20.

Se procedió a encontrar el tiempo de concentración de la cuenca, dicho tiempo se encuentra por medio de la siguiente fórmula:

$$t = \left(\frac{0,886 * L^3}{H} \right)^{0,385} * 60$$

$$t = \left(\frac{0,886 * 0,20^3}{4,60} \right)^{0,385} * 60 = 4,95 \text{ min}$$

Luego se procedió a encontrar la intensidad de lluvia, para el área de Mesillas Bajas, Amatitlán; se utilizó la ecuación de intensidad de lluvia de la estación meteorológica INSIVUMEH ya que es la estación más cercana.

De la tabla XXI, el territorio más cercano es la ciudad de Guatemala y el tiempo de concentración, se toma para 20 años.

$$I = \frac{4\ 604}{t + 24}$$

Donde:

a y b = Variación en cada región, datos proporcionados por el
INSIVUMEH

t = Tiempo de concentración en minutos

$$I = \frac{4\ 604}{4,95 + 24} = 159,03 \text{ min}$$

Luego de encontrada la intensidad de lluvia se procedió a encontrar el caudal a drenar, dicho caudal se encontró con la fórmula del método racional.

$$Q = CIA/360$$

$$Q = (0,20 * 159,03 * 1,32) / 360$$

$$Q = 0,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luego se encontró el diámetro hidráulico con el caudal anteriormente encontrado mediante la fórmula de Manning.

$$D = \left(\frac{Q * n * 4^{5/3}}{S^{1/2} * \pi} \right)^{3/8}$$

Donde:

N = Coeficiente de rugosidad del material (Riblock = 0,013)

$$D = \left(\frac{0,12 * 0,013 * 4^{5/3}}{0,0023^{1/2} * \pi} \right)^{3/8} = 0,43 \text{ m}$$

Posteriormente se encontró el área hidráulica que corresponde al diámetro hidráulico y caudal anteriormente encontrado.

$$A = \frac{\pi D^4}{4}$$

$$A = \frac{\pi * 0,43^4}{4} = 0,03 \text{ m}^2$$

Por cuestiones de diseño se utilizará un diámetro de 30 pulgadas tubo de concreto, ya que es el mínimo usado para drenaje transversal de carretera. Con un diámetro de 30 pulgadas el área es de 0,45 metro cuadrado, el cual cubre el área requerida.

3.9. Elaboración de planos del proyecto

El proyecto consta de 19 planos:

- Planta general
- Planta-perfil
- Secciones transversales y tabla de volúmenes de tierra
- Plano de detalles

3.10. Presupuesto

El presupuesto se elaboró aplicando los criterios del caso anterior, en cuanto a costos indirectos se aplicó el 30 por ciento.

Con la información obtenida de los planos se procede a identificar cada renglón de trabajo, siguiendo la secuencia del proceso constructivo, sin omitir ninguna actividad a realizar.

El costo total del proyecto va a ser de Q 10 082 322,24 (diez millones ochenta y dos mil trescientos veintidós quetzales con veinticuatro centavos).

3.10.1. Cuantificación de cantidades de trabajo

Consiste en determinar la cantidad de unidades correspondientes a cada renglón.

La cuantificación debe hacerse directamente sobre los planos y especificaciones, considerando que cada renglón debe calcularse independientemente.

3.10.2. Integración de precios unitarios

La integración de precios unitarios para un presupuesto, debe guardar concordancia con los procedimientos constructivos, con los programas de trabajo, con los costos de los materiales y demás recursos necesarios de acuerdo con las normas y especificaciones de construcción.

Un precio unitario se integra sumando todos los cargos directos e indirectos que correspondan a un concepto de trabajo. Son cargos directos, los que se originan a cuenta de gastos por mano de obra, materiales, maquinaria, herramienta, instalaciones efectuadas a la realización del concepto de trabajo. Diremos que son cargos indirectos los gastos de carácter general que no van incluidos en la ejecución del trabajo, pero que sin ellos no serían posibles tales trabajos, estos comprenden, gastos administrativos, vigilancia, supervisión, transporte de maquinaria, entre otros.

3.10.3. Resumen de presupuesto

Se presenta un resumen del presupuesto realizado para el proyecto de pavimento rígido donde se pueden apreciar los renglones de trabajo y su costo unitario y total.

Tabla XXIII. **Resumen del presupuesto para el pavimento**

PROYECTO: DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS HACIA CALDERAS
 UBICACIÓN: MUNICIPIO DE AMATITLÁN, GUATEMALA
 EPESISTA: KATHERIN PAOLA LIMA ESPAÑA

CUADRO RESUMEN TOTAL

Núm.	REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PU	COSTO TOTAL
1	Replanteo topográfico	Km	4,43	Q 6 612,64	Q 29 293,99
2	Excavación de material no clasificado	m ³	19 744,55	Q 108,18	Q 2 135 890,85
3	Excavación de material no clasificado de desperdicio	m ³	20 582,05	Q 40,93	Q 842 342,28
4	Conformación de la subrasante	m ³	24 317,92	Q 61,94	Q 1 506 255,62
5	Subbase (15 cm. espesor)	m ³	3 647,688	Q 503,25	Q 1 835 687,51
6	Pavimento (15 cm. espesor)	m ³	3 647,688	Q 1 558,01	Q 5 683 116,47
7	Cuneta revestida	ml	8 842,88	Q 45,74	Q 404 508,85
8	Bordillo	ml	8 842,88	Q 48,64	Q 430 117,31
9.1	Excavación para drenaje	m ³	231,00	Q769,30	Q 177 708,44
9.2	Concreto ciclópeo	m ³	13,20	Q 15 860,50	Q 209 358,59
9.1	Tubería ribloc (30 plg)	ml	132,00	Q 879,35	Q 116 073,78
				TOTAL	Q 13 370 353,69

Fuente: elaboración propia.

3.11. Cronograma de ejecución física y financiera

Municipalidad de Amatitlán, Guatemala

Diseño de pavimento rígido de la aldea Mesillas Bajas hacia Calderas

Epesista. Katherin Paola Lima España

Tabla XXIV. Cronograma de ejecución

No.	Renglon	Tiempo de ejecución									Costo	Q.
		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9		
1	Replanteo topográfico	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%		29,399.00	
2	Excavacion no clasificada	11.11%	22.22%	22.22%	22.22%	22.22%					2,135,400.00	
3	Excavacion no clasificado de desperdicio		11.11%	22.22%	22.22%	22.22%	22.22%				842,342.28	
4	Conformación de la subrasante			20%	20%	20%	20%	20%			1,506,155.07	
5	Subbase e= 0.15 m				20%	20%	20%	20%			1,835,687.51	
6	Pavimento e= 0.15 m					22.22%	22.22%	22.22%	22.22%	11.11%	5,683,146.47	
7	Cuneta revestida					21.05%	21.05%	21.05%	21.05%	15.80%	404,508.05	
8	Bordillo					26.67%	26.67%	26.67%	20.00%		430,117.31	
9.1	Excavación para drenaje	11.11%	22.22%	22.22%	22.22%	22.22%					177,708.44	
9.2	Concreto ciclópeo		22.22%	22.22%	22.22%	22.22%	11.11%				209,358.59	
9.3	Tubería de ribloc		11.11%	22.22%	22.22%	22.22%	22.22%				116,073.78	
Avance de proyecto %		2%	4%	9%	16%	21%	17%	15%	12%	4%		
Costo (Q.)		260,471.27	670,142.58	1,143,664.27	2,280,287.56	2,906,428.65	2,369,570.80	2,133,563.63	1,803,623.68	694,738.33	13,370,353.69	

Fuente: elaboración propia.

3.12. Evaluación de impacto ambiental (inicial)

En el estudio que se realizó a través del formulario proporcionado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, se encontró que el proyecto de Pavimentación de la aldea que conduce de Mesillas Bajas hacia Calderas, del municipio de Amatitlán, del departamento de Guatemala, es un proyecto de una sola fase y tiene las siguientes características:

- Utilizará para su construcción piedra, cal, cemento, arena y pedrín.
- Se utilizará equipo liviano, mezcladora de concreto, patrol y rodo.
- El proyecto tendrá una duración de 9 meses, durante los cuales se encontrarán en dicha área protegida. La longitud del tramo a construir será de 4 421,00 metros lineales.
- El proyecto se caracteriza por ser nuevo en una aldea del municipio de Amatitlán. No tiene algún tipo de riesgo.
- Durante la fase inicial se tendrá polvo pues se removerá tierra, para este movimiento se utilizará vehículos pequeños para retirar el material sobrante. Para evitar las molestias por la generación de polvo se humedecerá la calle para disminuir este efecto.
- Los ruidos producidos por los trabajos son los normales y no son fuertes ni estridentes.
- La fuente de abastecimiento será el servicio municipal de agua, la construcción de un pozo mecánico o artesanal. Se utilizará un estimado de 13 metros cúbicos/día, para preparación de concreto y para la limpieza de las áreas.
- Actualmente la calle es utilizada para tráfico vehicular de las aldeas mencionadas y el uso final después del proyecto será el mismo, solo que en mejores condiciones para la circulación.
- No se tendrá efectos sobre la flora, fauna y bosque.
- La actividad no afectará a ningún recurso cultural, natural o arqueológico por su ubicación, que es la actual.
- El problema social identificado que puede generarse por la realización del proyecto es el cerrar la calle para efectuar el trabajo.
- La jornada será diurna y la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio del proyecto.

CONCLUSIONES

1. A través de la construcción y funcionamiento del sistema de drenaje sanitario de la aldea Agua de las Minas, se evitará la mala recolección de aguas negras, pues el sistema se conectará al colector principal, para luego trasladar sus aguas a una planta de tratamiento, por lo que disminuirá la contaminación y se tendrá un nivel de vida mejor.
2. Con la pavimentación, la carretera que conduce de la aldea Mesillas Bajas hacia la aldea de Calderas, podrá ser transitable en cualquier época del año y así los pobladores tendrán una mejor calidad de vida.
3. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), además de brindar servicio técnico profesional, como proyección de la Universidad, da la oportunidad al estudiante de complementar su formación académica, le permite adquirir experiencia y madurez para iniciar el desempeño de su profesión, ya que lo vivido en esta etapa le provee del conocimiento no adquirido en las aulas.
4. Durante la construcción de los proyectos antes mencionados, no se causará impacto ambiental negativo en la flora y la fauna del lugar. Cumpliendo así con las normas del Ministerio de Ambiente para la ejecución de proyectos de infraestructura.

RECOMENDACIONES

1. Realizar la construcción del sistema de alcantarillado sanitario en el menor tiempo posible, con lo cual se evitará la contaminación que se produce al momento de evacuar desechos orgánicos e inorgánicos, en lugares inapropiados.
2. Concientizar a los beneficiarios del proyecto de alcantarillado sanitario, para que las tuberías se mantengan libres de basura o cualquier objeto que pueda dañarlas, de esta manera se obtendrán resultados óptimos.
3. Proveer el mantenimiento rutinario y periódico a la superficie de rodadura de la carretera, antes y después del invierno, de esa forma se logrará alcanzar la vida útil del proyecto.
4. Dentro del programa de mantenimiento de la carretera que se dirige de aldea Mesillas Bajas hacia la aldea Calderas, realizar la limpieza de los drenajes al inicio y al final del invierno.
5. En el tiempo que se realizará la ejecución del proyecto es necesario que las personas encargadas actualicen los precios de los materiales.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR FUENTES, Byron de Jesús. *Planificación y diseño de un tramo carretero comunidad El Carmen*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001. 164 p.
2. CARDENAS GRISALES, James. *Diseño geométrico de carreteras*. Colombia: ECOE EDICIONES, 2002. 410 p.
3. Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: DGC MCIV, 2000. 361 p.
4. FÉLIX MÉRIDA, Jeovany Roderico. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario aldea Lo de Hernández y puente vehicular aldea El Terrero del municipio de Huehuetenango, Huehuetenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 93 p.
5. GALICIA ORDOÑEZ, Caris Gabriela. *Diseño de ampliación de 1,45 km. de pavimento rígido en el sector 2 de la aldea Fray Bartolomé de las Casas (El Cerinal) y escuela de párvulos de dos niveles del cantón Utzumazate del municipio de Barberena, Santa Rosa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 181 p.

6. Instituto de Fomento Municipal. *Normas Generales para diseño de alcantarillado*. Guatemala: INFOM, 2001. 31 p.
7. IPIÑA CASASOLA, Carlos Eduardo. *Diseño de drenaje sanitario para la aldea Jones y pavimento rígido para la aldea Santa Rosalía Mármol, Río Hondo, Zacapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 108 p.
8. JUÁREZ IZEM, Henry Otoniel. *Diseño de carretera comunidad San Sebastián El Refugio, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 175 p.
9. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). *Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial*. 3a ed. Centroamerica: Aecid, 2010. 342 p.
10. QUIJADA SAGASTUME, José Gilberto. *Diseño de la red de alcantarillado sanitario de las aldeas El Ingeniero y Petapilla del municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 151 p.

APÉNDICE

Se adjuntan presupuestos, tablas de cálculo y planos de diseño de alcantarillado sanitario y de pavimento rígido.

Proyecto: Sistema de Drenaje Sanitario aldea Agua de las Minas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 1				
Replanteo topográfico				
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Estacas	global	1	700	700,00
Pintura	galón	0,25	65	16,25
Subtotal				716,25
Mano de obra por trato				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Topógrafo	día	100	50	5 000,00
Cadenero	día	100	35	3 500,00
Subtotal				8 500,00
Prestaciones			0,66	5 610,00
Factor ayudante			0,45	3 825,00
Total mano de obra				17 935,00
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Palas, azadones, machete	Global	1	900	900,00
Alquiler de teodolito	semana	17	1 100	18 700,00
Subtotal				19 600,00
Costo directo				38 251,25
Costo indirecto				11 475,38
IVA				5 967,20
TOTAL				55 693,82
Precio Unitario (Q/m)				27,76

Proyecto: Sistema de Drenaje Sanitario aldea Agua de las Minas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 2				
Excavación		Volumen		1 565
Maquinaria y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Retroexcavadora (12m ³)	horas	150	500	75 000,00
Camión volteo 10m ³	días	40	1 500	60 000,00
Regado de agua	días	40	100	4 000,00
Bomba de agua	días	40	700	28 000,00
Subtotal				167 000,00
Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Peones	día	50	65	3 250,00
Subtotal				3 250,00
Prestaciones			0,66	2 145,00
Factor ayudante			0,45	1 462,50
Total mano de obra				6 857,50
Costo directo				173 857,50
Costo indirecto				52 157,25
IVA				27 121,77
TOTAL				253 136,52
Precio Unitario (Q/m ³)				161,75

Proyecto: Sistema de Drenaje Sanitario aldea Agua de las Minas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 3				
Relleno		Volumen		930,00
Maquinaria y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Cargador frontal (10m ³)	horas	100	600	60 000,00
Camión 12 m ³	horas	85	400	34 000,00
Vibrocompactadora	horas	120	350	42 000,00
Bomba de agua	día	25	700	17 500,00
Subtotal				153 500,00
Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Peones	día	25	65	1 625,00
Ayudante máquina	hora	100	35	3 500,00
Subtotal				5 125,00
Prestaciones			0,66	3 382,50
Factor ayudante			0,45	2 306,25
Total mano de obra				10 813,75
Costo directo				164 313,75
Costo indirecto				49 294,13
IVA				25 632,95
TOTAL				239 240,82
Precio Unitario (Q/m ³)				257,25

Proyecto: Sistema de Drenaje Sanitario aldea Agua de las Minas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 4				
Instalación de tubería				
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Tubo PVC Ø de 6" ASTM 3034	Unidad	309	734	226 806,00
Tubo PVC Ø de 8" ASTM 3034	Unidad	26	1 240	32 240,00
Subtotal				259 046,00
Mano de obra por trato				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Instalación de tubo Ø 6"	Unidad	309	50	15 450,00
Instalación de tubo Ø 8"	Unidad	26	60	1 560,00
Subtotal				15 450,00
Prestaciones			0,66	10 197,00
Factor ayudante			0,45	6 952,50
Total mano de obra				32 599,50
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Palas, azadones, machete	Global	1	900	900,00
Subtotal				900,00
Costo directo				292 545,50
Costo indirecto				87 763,65
IVA				45 637,10
TOTAL				425 946,25
Precio Unitario (Q/unidad)				833,55

Proyecto: Sistema de Drenaje Sanitario aldea Agua de las Minas, Amatlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 5				
Conexiones domiciliarias				
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Tubo PVC Ø de 4" ASTM 3034	Unidad	176	337	59 312,00
Pegamento TANGIT	Galón	4	600	2 400,00
Accesorios	Unidad	176	80	14 080,00
Subtotal				75 792,00
Mano de obra por trato				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Excavación	m ³	514,8	500	257 400,00
Instalación de tubo Ø 4"	Unidad	309	20	6 180,00
Relleno	m ³	166,32	400	66 528,00
Subtotal				263 580,00
Prestaciones			0,66	173 962,80
Factor ayudante			0,45	118 611,00
Total mano de obra				556 153,80
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Palas, azadones, machete	Global	1	900	900,00
Subtotal				900,00
Costo directo				632 845,80
Costo indirecto				189 853,74
IVA				98 723,94
TOTAL				921 423,48
Precio Unitario (Q/unidad)				5 235,36

Proyecto: Sistema de Drenaje Sanitario aldea Agua de las Minas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 6				
Pozos de visita 1,20 a 1,50 m				
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Ladrillo tayuyo	Ciento	176	350	61 600,00
Cemento portland	Saco	12	70	840,00
Arena de río	m ³	1,2	90	108,00
Piedrín de 1/2"	m ³	1,2	130	156,00
Acero numero 3/4"	qq	28	240	6 720,00
Acero numero 3/8"	qq	268	560	150 080,00
Alambre de amarre	lb	0,4	12	4,80
Subtotal				219 508,80
Mano de obra por trato				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Levantado mas acabado	m ²	43,5	40	1 740,00
Armado de hierro 3/4"	ml	80	25	2 000,00
Armado de hierro 3/8"	ml	268	34	9 112,00
Fundición	m ³	7,2	65	468,00
Subtotal				13 320,00
Prestaciones			0,66	8 791,20
Factor ayudante			0,45	5 994,00
Total mano de obra				28 105,20
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Palas, azadones, machete	Global	1	200	200,00
Subtotal				200,00
Costo directo				247 814,00
Costo indirecto				74 344,20
IVA				38 658,98
TOTAL				360 817,18
Precio Unitario (Q/unidad)				11 275,54

NOTA: se tienen 32 pozos de los cuales 31 pozos de 1,20 m y 1 pozo de 1,35 m, por lo que $\hat{h} = 1,20$ m.

Proyecto: Sistema de Drenaje Sanitario aldea Agua de las Minas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 7				
Pozos de visita 1,50 - 3,00 m				
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Ladrillo tayuyo	Ciento	36	350	12 600,00
Cemento portland	Saco	7,2	70	504,00
Arena de río	m ³	0,8	90	72,00
Piedrín de 1/2"	m ³	0,8	130	104,00
Acero numero 3/4"	qq	30	240	7 200,00
Acero numero 3/8"	qq	50,4	560	28 224,00
Alambre de amarre	lb	0,3	12	3,60
Subtotal				48 707,60
Mano de obra por trato				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Levantado mas acabado	m ²	20,4	40	816,00
Armado de hierro 3/4"	ml	30	25	750,00
Armado de hierro 3/8"	ml	50,4	34	1 713,60
Fundición	m ³	1,4	65	91,00
Subtotal				3 370,60
Prestaciones			0,66	2 224,60
Factor ayudante			0,45	1 516,77
Total mano de obra				7 111,97
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Palas, azadones, machete	Global	1	200	200,00
Subtotal				200,00
Costo directo				56 019,57
Costo indirecto				16 805,87
IVA				8 739,05
TOTAL				81 564,49
Precio Unitario (Q/unidad)				13 594,08

NOTA: se tienen 6 pozos con las siguientes alturas: 1,75, 1,80, 2,10, 2,70, 2,80 y 2,90 m, por lo que $\bar{h} = 2,40$ m.

Proyecto: Sistema de Drenaje Sanitario aldea Agua de las Minas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 8				
Pozos de visita 3,50 - 4,50 m				
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Ladrillo tayuyo	Ciento	58	350	20 300,00
Cemento portland	Saco	4,6	70	322,00
Arena de río	m ³	1,1	90	99,00
Piedrín de 1/2"	m ³	1,1	130	143,00
Acero numero 3/4"	qq	27	240	6 480,00
Acero numero 3/8"	qq	25,2	560	14 112,00
Alambre de amarre	lb	0,6	12	7,20
Subtotal				41 463,20
Mano de obra por trato				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Levantado mas acabado	m2	27,15	40	1 086,00
Armado de hierro 3/4"	ml	7,5	25	187,50
Armado de hierro 3/8"	ml	25,2	34	856,80
Fundición	m ³	0,7	65	45,50
Subtotal				2 175,80
Prestaciones			0,66	1 436,03
Factor ayudante			0,45	979,11
Total mano de obra				4 590,94
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Palas, azadones, machete	Global	1	200	200,00
Subtotal				200,00
Costo directo				46 254,14
Costo indirecto				13 876,24
IVA				7 215,65
TOTAL				67 346,02
Precio Unitario (Q/unidad)				22 448,67

NOTA: se tienen 3 pozos con las siguientes alturas: 3,50, 4,10 y 4,20 m, por lo que $\hat{h} = 4,00$ m.

Proyecto: Sistema de Drenaje Sanitario aldea Agua de las Minas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 9				
Pozos de visita 5,70 a 5,85 m				
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Ladrillo tayuyo	Ciento	550	350	192 500,00
Cemento portland	Saco	5,2	70	364,00
Arena de río	m ³	0,6	90	54,00
Piedrín de 1/2"	m ³	0,6	130	78,00
Acero numero 3/4"	qq	25	240	6 000,00
Acero numero 3/8"	qq	16,8	560	9 408,00
Alambre de amarre	lb	0,2	12	2,40
Subtotal				208 406,40
Mano de obra por trato				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Levantado mas acabado	m ²	13,15	40	526,00
Armado de hierro 3/4"	ml	25	25	625,00
Armado de hierro 3/8"	ml	16,8	34	571,20
Fundición	m ³	0,46	65	29,90
Subtotal				1 752,10
Prestaciones			0,66	1 156,39
Factor ayudante			0,45	788,45
Total mano de obra				3 696,93
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Palas, azadones, machete	Global	1	200	200,00
Subtotal				200,00
Costo directo				212 303,33
Costo indirecto				63 691,00
IVA				33 119,32
TOTAL				309 113,65
Precio Unitario (Q/unidad)				154 556,82

NOTA: se tienen 2 pozos con las siguientes alturas: 5,70 y 5,85 m, por lo que $\hat{h} = 5,80$ m.

Proyecto: Pavimentación de aldea Mesillas Bajas hacia Calderas, Amatitlán

Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 1				
Replanteo topográfico				
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Estacas	global	1	300	300,00
Pintura	galón	1	65	65,00
Subtotal				365,00
Mano de obra por trato				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Topógrafo	día	70	50	3 500,00
Cadenero	día	70	35	2 450,00
Subtotal				5 950,00
Prestaciones			0,66	3 927,00
Factor ayudante			0,45	2 677,50
Total mano de obra				12 554,50
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Palas, azadones, machete	global	1	200	200,00
Alquiler de teodolito	semana	14	500	7 000,00
Subtotal				7 200,00
Costo directo				20 119,50
Costo indirecto				6 035,85
IVA				3 138,64
TOTAL				29 293,99
Precio Unitario (Q/Km)				6 612,64

Proyecto: Pavimentación de aldea Mesillas Bajas hacia Calderas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 2				
Excavación no clasificada			Volumen	19 744,55
Maquinaria y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Tractor D6D	horas	720	500	360 000,00
Retroexcavadora	horas	720	450	324 000,00
Camión 12m ³	horas	720	400	288 000,00
Moto niveladora	horas	720	450	324 000,00
Rodo pata de cabra	horas	300	250	75 000,00
Regado de agua	horas	300	115	34 500,00
Bomba de agua	horas	300	150	45 000,00
Subtotal				1 450 500,00
Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Peones	día	120	65	7 800,00
Subtotal				7 800,00
Prestaciones			0,66	5 148,00
Factor ayudante			0,45	3 510,00
Total mano de obra				16 458,00
Costo directo				1 466 958,00
Costo indirecto				440 087,40
IVA				228 845,45
TOTAL				2 135 890,85
Precio Unitario (Q/m ³)				108,18

Proyecto: Pavimentación de aldea Mesillas Bajas hacia Calderas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 3				
Excavación no clasificada de material de desperdicio		Volumen	23 785,37	
Maquinaria y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Tractor D6D	horas	480	500	240 000,00
Camión 12 m ³	horas	480	400	192 000,00
Retroexcavadora	horas	480	450	216 000,00
Subtotal				648 000,00
Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Peones	día	150	65	9 750,00
Subtotal				9 750,00
Prestaciones			0,66	6 435,00
Factor ayudante			0,45	4 387,50
Total mano de obra				20 572,50
Costo directo				668 572,50
Costo indirecto				200 571,75
IVA				104 297,31
TOTAL				973 441,56
Precio Unitario (Q/m ³)				40,93

Proyecto: Pavimentación de aldea Mesillas Bajas hacia Calderas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 4				
Conformación de la subrasante				
Aérea	24 317,92	m ²		
Longitud	4 421,44	m		
Ancho	5,5	m		
Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Nivelación y compactación	m ²	24 317,92	20	486 358,40
Subtotal				486 358,40
Prestaciones			0,66	320 996,54
Factor ayudante			0,45	218 861,28
Total mano de obra				1 026 216,22
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Palas, azadones, piochas	global	1	300	300,00
Compactadora manual	días	40	200	8 000,00
Subtotal				8 300,00
Total mano de obra				8 300,00
Costo directo				1 034 516,22
Costo indirecto				310 354,87
IVA				161 384,53
TOTAL				1 506 255,62
Precio Unitario (Q/m ²)				61,94

Proyecto: Pavimentación de aldea Mesillas Bajas hacia Calderas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 5				
Subbase de 15 cm de espesor				
Espesor	0,15m	m ²		
Longitud	4 421,44	m		
Ancho	5,5	m		
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Material Selecto	m ³	3 647,69	270	984 876,30
Subtotal				984 876,30
Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Colocación de base	m ³	3 647,69	30	109 430,70
Subtotal				109 430,70
Prestaciones			0,66	72 224,26
Factor ayudante			0,45	49 243,82
Total mano de obra				230 898,78
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Máquina compactadora	días	15	3 000	45 000,00
Subtotal				45 000,00
Total mano de obra				45 000,00
Costo directo				1 260 775,08
Costo indirecto				378 232,52
IVA				196 680,91
TOTAL				1 835 688,51
Precio Unitario (Q/m ³)				503,25

Proyecto: Pavimentación de aldea Mesillas Bajas hacia Calderas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 6				
Pavimento de 15 cm de espesor				
Volumen	3 647,688	m ³	Espesor (m)	0,15
Longitud	4 421,44	m ²		
Ancho	5,5	m		
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Cemento 4 000 psi	sacos	36 476,88	70	2 553 381,60
Arena	m ³	1 969,752	90	177 277,64
Piedrín	m ³	2 334,52	130	303 487,64
Agua	galón	54 715,32	10	547 153,20
Subtotal				3 581 300,08
Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Fundir	m ³	3 647,688	35	127 669,08
Cortar juntas	ml	16 203	1,5	24 304,50
Subtotal				151 973,58
Prestaciones			0,66	100 302,56
Factor ayudante			0,45	68 388,11
Total mano de obra				320 664,25
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Concretera	días	15	85	1 275,00
Subtotal				1 275,00
Total mano de obra				1 275,00
Costo directo				3 903 239,33
Costo indirecto				1 170 971,80
IVA				608 905,34
TOTAL				5 683 116,47
Precio Unitario (Q/m ³)				1 558,01

Proyecto: Pavimentación de aldea Mesillas Bajas hacia Calderas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 7				
Cunetas revestidas				
Longitud	8 842,88	Volumen	353,7152	
Área	0,04			
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Cemento UGC	saco	10,5	70	735,00
Piedra de río	m ²	620	38	23 560,00
Tabla 10 ft	unidad	55	60	3 300,00
Subtotal				27 595,00
Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Colocación de formaletas	ml	8 842,88	3	26 528,64
Retiro de formaletas	ml	8 842,88	1,5	13 264,32
Colocación de concreto	ml	8 842,88	10	88 428,80
Subtotal				128 221,76
Prestaciones			0,66	84 626,36
Factor ayudante			0,45	57 699,79
Total mano de obra				270 547,91
Costo directo				298 142,91
Costo indirecto				89 442,87
IVA				46 510,29
TOTAL				434 096,08
Precio Unitario (Q/ml)				45,74

Proyecto: Pavimentación de aldea Mesillas Bajas hacia Calderas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 8				
Bordillo				
Área	0,03	Volumen	265,2864	
Longitud	8 842,88			
Material puesto en obra				
Cemento UGC	saco	1 200	70	84 000,00
Área de río	m ³	69,48	90	6 253,20
Piedrín 1"	m ³	109,08	130	14 180,40
Tabla 10 ft	unidad	270	60	16 200,00
Clavo para madera 2 1/2"	lb	15	8	120,00
Subtotal				120 753,60
Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Colocación de formaletas	ml	8 842,88	3	26 528,64
Retiro de formaletas	ml	8 842,88	1,5	13 264,32
Colocación de concreto	ml	8 842,88	6	53 057,28
Subtotal				92 850,24
Prestaciones			0,66	61 281,16
Factor ayudante			0,45	41 782,61
Total mano de obra				195 914,01
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Palas, azadones piochas	Global	1	350	350,00
Subtotal				350,00
Costo directo				317 017,61
Costo indirecto				95 105,28
IVA				49 454,75
TOTAL				461 577,63
Precio Unitario (Q/ml)				48,64

Proyecto: Pavimentación de aldea Mesillas Bajas hacia Calderas, Amatitlán

Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 9.1				
Excavación para drenaje				
Área	1,75	m ²	Volumen	231
Longitud	132	ml	Drenajes	22,00
Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Excavación y preparación de terreno	m ³	231	250	57 750,00
Subtotal				57 750,00
Prestaciones			0,66	38 115,00
Factor ayudante			0,45	25 987,50
Total mano de obra				121 852,50
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Palas, azadones, piochas	Global	1	200	200,00
Subtotal				200,00
Costo directo				122 052,50
Costo indirecto				36 615,75
IVA				19 040,19
TOTAL				177 708,44
Precio Unitario (Q/m ³)				769,30

Proyecto: Pavimentación de aldea Mesillas Bajas hacia Calderas, Amatitlán

Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 9.2				
Concreto ciclópeo				
Longitud	132	m ²	Volumen	13,2
Espesor	0,1	m	Drenajes	22,00
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Cemento UGC	saco	120	70	8 400,00
Arena	m ³	7,2	90	648,00
Piedra de río	m ³	8,6	38	326,80
Agua	galón	200	10	2 000,00
Clavo para madera 2 1/2"	lb	5	8	40,00
Tabla 10 ft	unidad	15	60	900,00
Subtotal				12 314,80
Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Colocación de formaletas	ml	132	3	396,00
Retiro de formaletas	ml	132	0,5	66,00
Colocación de concreto	m ³	13,2	20	264,00
Subtotal				264,00
Prestaciones			0,66	174,24
Factor ayudante			0,45	118,80
Total mano de obra				557,04
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Palas, azadones, piochas	Global	1	200	200,00
Subtotal				200,00
Costo directo				13 071,84
Costo indirecto				3 921,55
IVA				2 039,21
TOTAL				209 358,59
Precio Unitario (Q/m ³)				15 860,50

Proyecto: Pavimentación de aldea Mesillas Bajas hacia Calderas, Amatitlán
 Epesista: Katherin Paola Lima España

Renglón 9.3				
Tubería Ribloc (Diámetro 30 Plg)				
	132	ml		
Material				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Tubo ribloc 30 plg	unidad	22	3 500	77 000,00
Subtotal				77 000,00
Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Colocado de tubo ribloc 30plg	unidad	22	50	1 100,00
Subtotal				1 100,00
Prestaciones			0,66	726,00
Factor ayudante			0,45	495,00
Total mano de obra				2 321,00
Herramienta y equipo				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)
Guantes	Global	1	400	400,00
Subtotal				400,00
Costo directo				79 721,00
Costo indirecto				23 916,30
IVA				12 436,48
TOTAL				116 073,78
Precio Unitario (Q/ml)				879,35

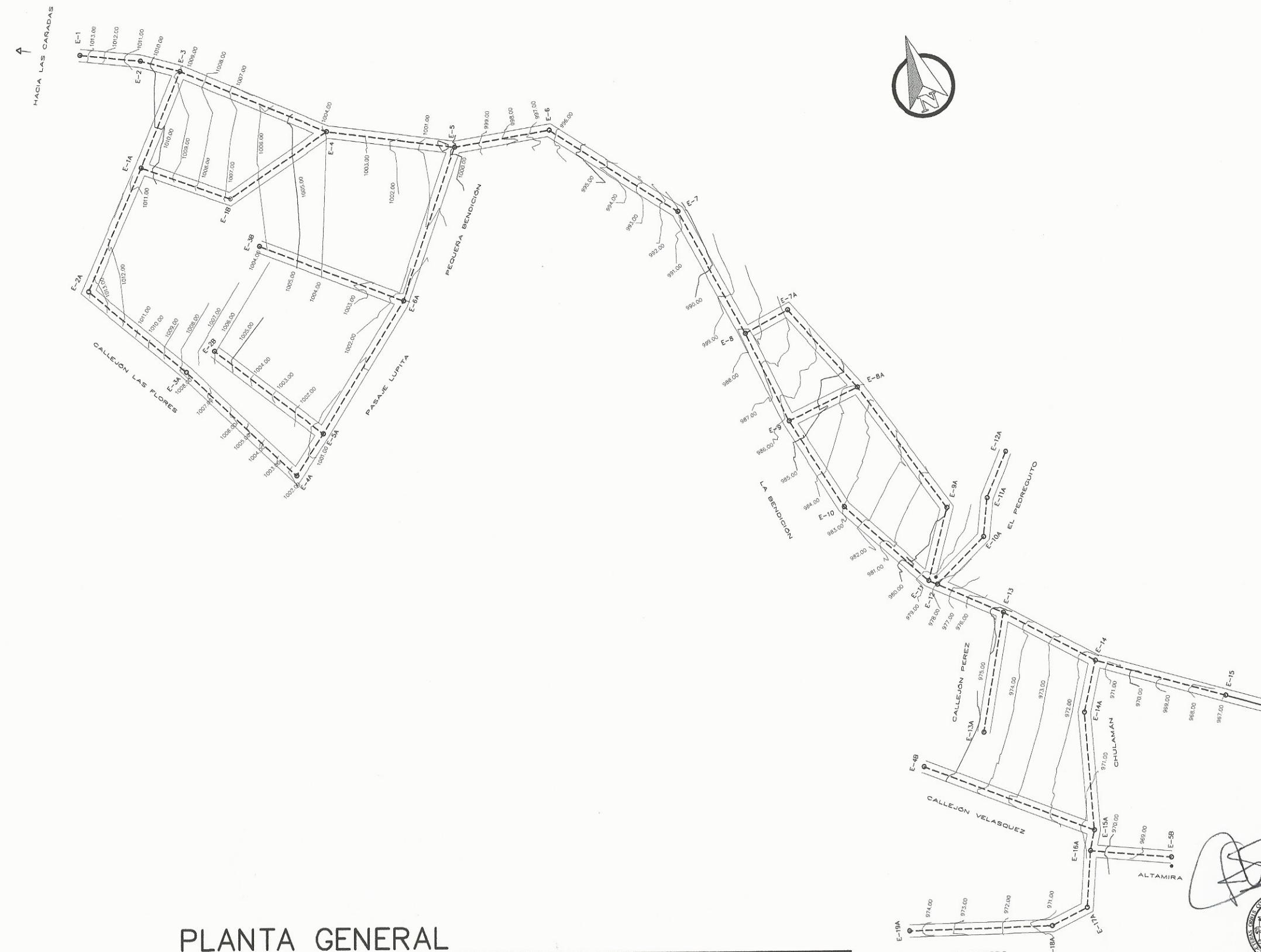


TABLA TOPOGRÁFICA

EST PI	EST PO	DISTANCIA	AZIMUT
E-1	E-2	30.00	114° 48' 34"
E-2	E-3	20.00	123° 54' 54"
E-3	E-4	77.72	131° 50' 13"
E-3	E-1A	50.69	221° 17' 30"
E-1A	E-2A	65.41	222° 24' 54"
E-1A	E-1B	46.19	126° 39' 01"
E-2A	E-3A	62.06	146° 08' 46"
E-3A	E-4A	73.80	152° 35' 17"
E-4A	E-5A	24.24	52° 28' 32"
E-5A	E-2B	67.00	326° 33' 40"
E-5A	E-6A	75.38	51° 53' 22"
E-6A	E-3B	75.00	310° 13' 13"
E-6A	E-5	78.73	39° 11' 01"
E-4	E-5	63.07	116° 28' 35"
E-5	E-6	46.87	99° 30' 30"
E-6	E-7	74.32	141° 47' 24"
E-7	E-8	68.02	170° 20' 24"
E-7	E-7A	23.42	80° 20' 24"
E-8	E-9	47.64	172° 57' 00"
E-9	E-8A	37.25	83° 33' 57"
E-9	E-10	49.84	166° 38' 53"
E-10	E-11	54.97	150° 40' 29"
E-11	E-9A	36.59	33° 17' 03"
E-11	E-12	4.54	132° 46' 41"
E-12	E-10A	32.24	63° 32' 38"
E-10A	E-11A	18.88	24° 23' 29"
E-11A	E-12A	24.25	41° 12' 02"
E-12	E-13	34.85	132° 46' 41"
E-13	E-13A	59.00	208° 39' 23"
E-13	E-14	50.64	137° 16' 54"
E-14	E-14A	25.91	211° 13' 03"
E-14A	E-15A	57.36	194° 41' 16"
E-15A	E-4B	89.00	310° 15' 39"
E-15A	E-16A	10.30	210° 22' 29"
E-16A	E-5B	39.58	114° 11' 27"
E-16A	E-17A	27.65	202° 38' 55"
E-17A	E-18A	19.00	262° 07' 21"
E-18A	E-19A	69.44	287° 45' 23"
E-14	E-15	66.04	124° 41' 10"

PLANTA GENERAL
ESCALA 1:1,000

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Angel Roberto Sic Garcia
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de ingeniería

Proyecto: EPS SIDES MESES	Diseño de Sistema de Alcantarillado Sanitario.	Escala: Planta 1/1,000
Ubicación: KATHERIN P. LIMA ESPAÑA	Aldoa Agua de las Minas, Amatitlan, Guatemala	Fecha: Octubre 2014
Contenido: KATHERIN P. LIMA ESPAÑA	Planta General	Hoja: 1/7
Dibujo: KATHERIN P. LIMA ESPAÑA	F. Ing. Angel Roberto Sic Garcia	



SIMBOLOGÍA

	Pozo de Visita Sanitario (Planta)
	Pozo de Visita Sanitario (Perfil)
	Dirección del flujo
	Inicio del Ramal
	Tubería a colocar (Planta)
	Tubería a colocar (Perfil)
P-1	Número Pozo de Visita
L	Distancia del tramo
S %	Pendiente de Tubería PVC
	Diámetro de Tubería PVC
CIE	Cota Invert Entrada
CIS	Cota Invert Salida
	Terreno Natural
	Casas
	Pozo existente

PLANTA DENSIDAD POBLACIONAL
ESCALA 1:1,000

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



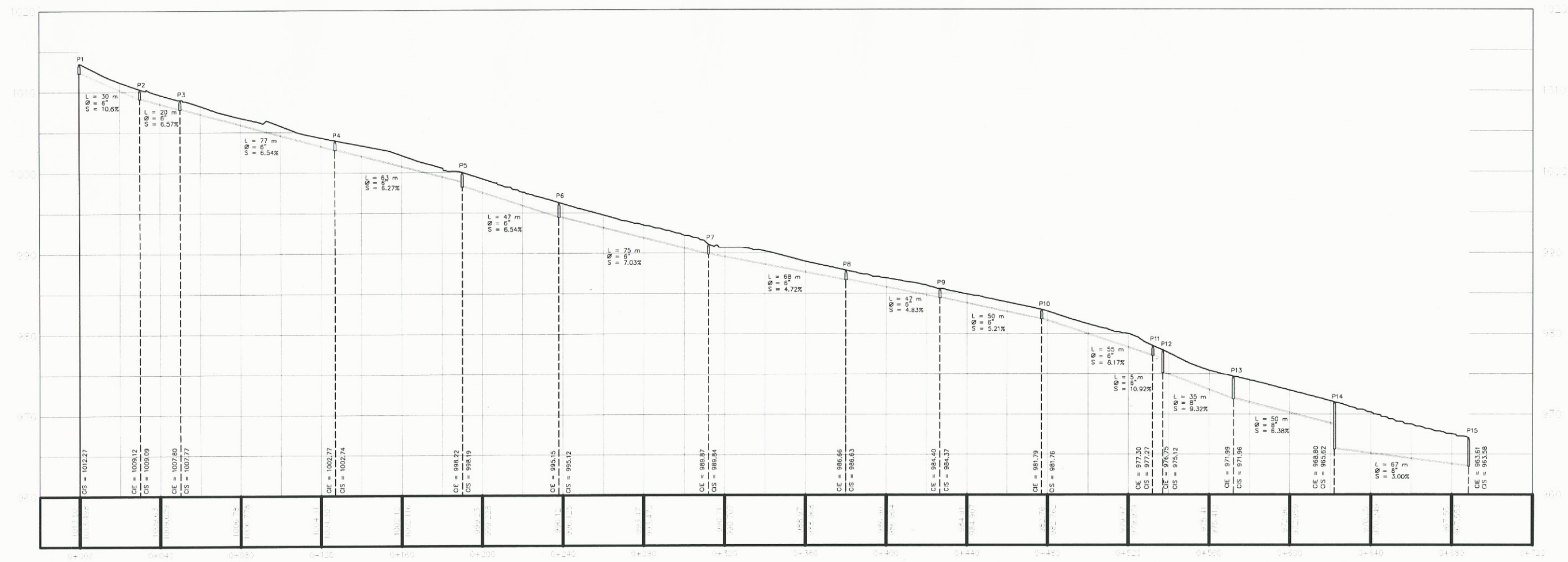
Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de Ingeniería

Proyecto: Diseño de Sistema de Alcantarillado Sanitario.	Magnitud: 2,000 mts
Ubicación: Aldea Agua de las Minas, Amatitlán, Guatemala	Escala: Planta 1/1000
Contenido: Planta Densidad Poblacional	Fecha: Octubre 2014
F. Ing. Ángel Roberto Sic García	Hoja: 2 / 7

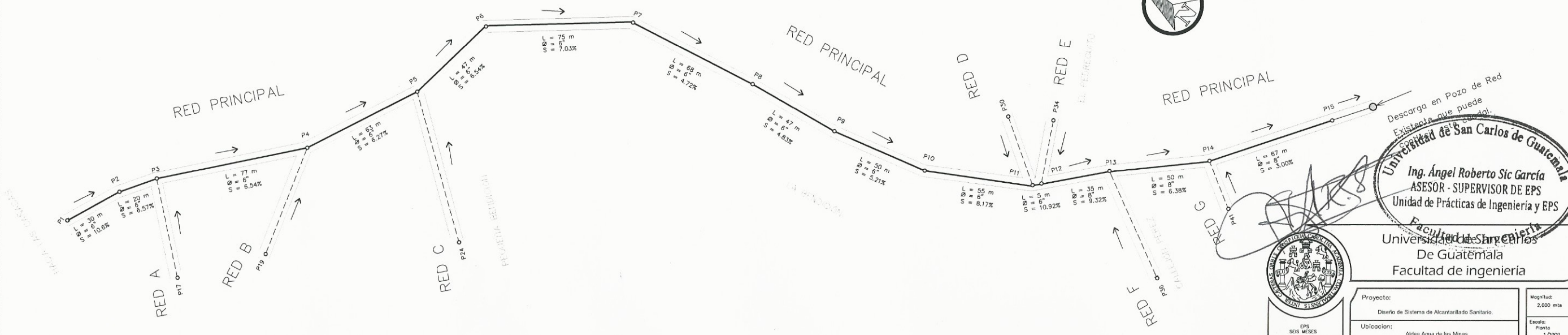
Descarga en Pozo de Red Existente que puede conducir este caudal.

HACIA VILLA ESTER


HACIA LAS CAÑADAS



PERFIL RED PRINCIPAL PV1 - PV15
 ESCALA HOR 1:1,000 / VER 1:250



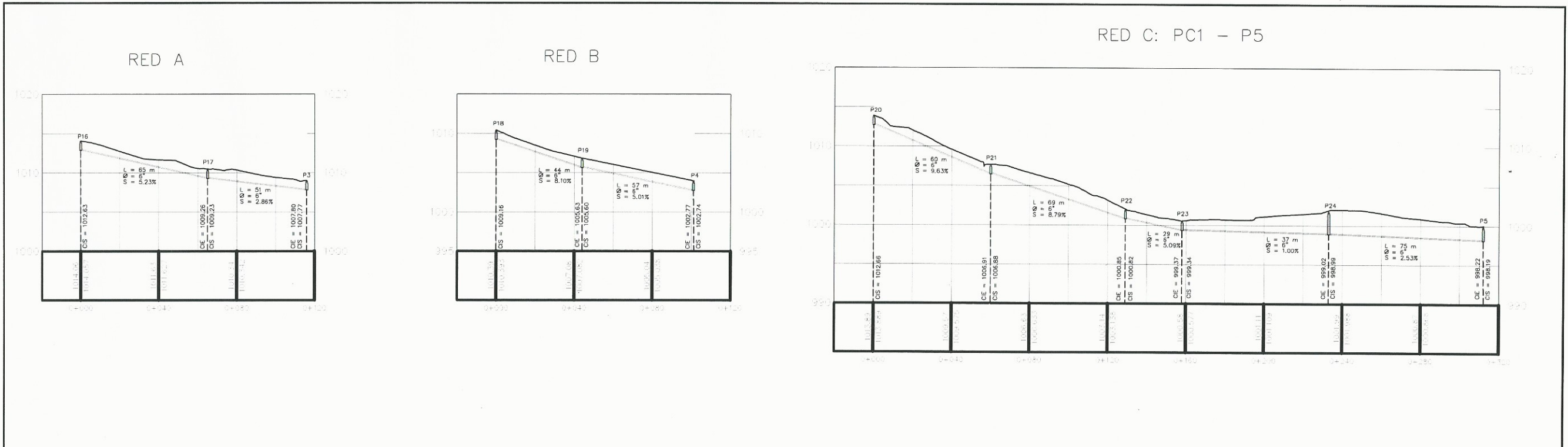
PLANTA RED PRINCIPAL PV1 - PV15
 ESCALA 1:1,000


Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

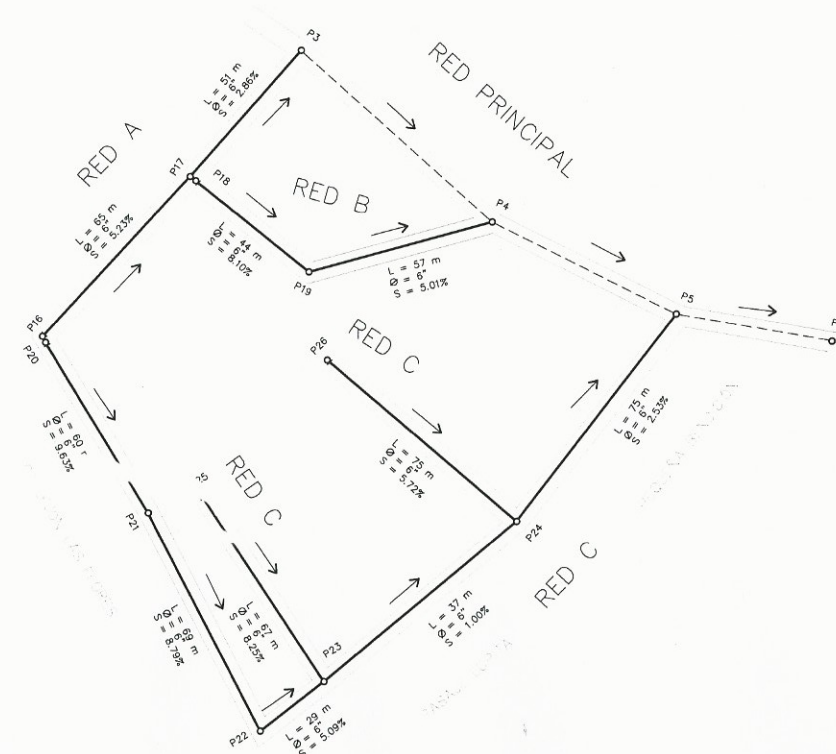
Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS

Proyecto: Diseño de Sistema de Alcantarillado Sanitario.	Magnitud: 2,000 mts
Ubicación: Aldea Agua de las Minas, Amatlán, Guatemala	Escala: Planta 1/1000
Contenido: Perfil Red Principal PV1 - PV15	Fecha: Octubre 2014
F. _____ Ing. Ángel Roberto Sic García	Hoja: 3 / 7

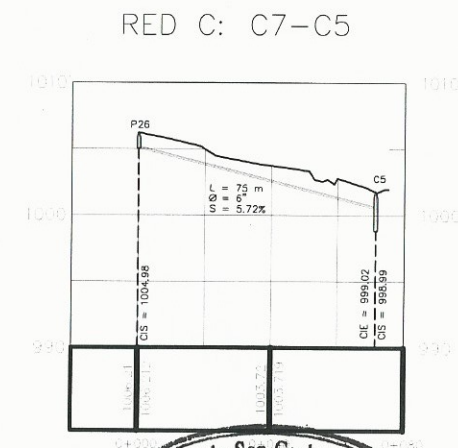
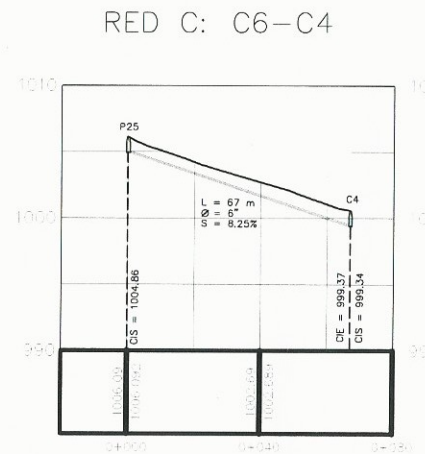
EPS
 SEIS MESES
 Diseñó:
 KATHERIN P. LIMA ESPARA
 Calculó:
 KATHERIN P. LIMA ESPARA
 Dibujó:
 KATHERIN P. LIMA ESPARA




PERFIL RED A, RED B Y RED C PV16 – PV26
 ESCALA HOR 1:1,000 / VER 1:250



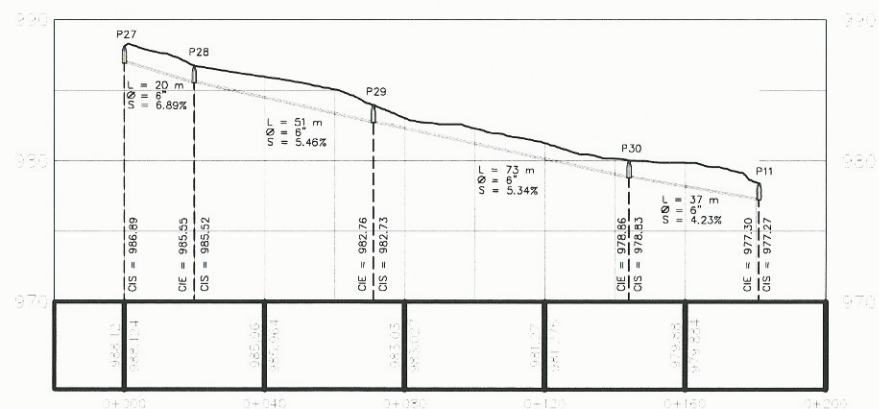
PLANTA RED A, RED B Y RED C PV16 – PV26
 ESCALA 1:1,000



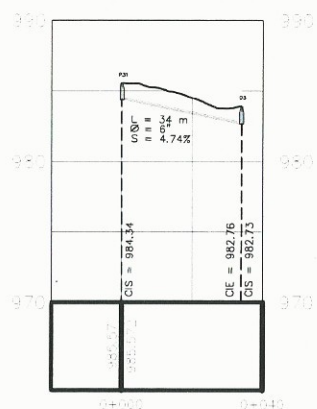

 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Angel Roberto Sic Garcia
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería

EPS SEIS MESES Diseña: KATHERIN P. LIMA ESPARÁ Consulta: KATHERIN P. LIMA ESPARÁ Dibuja: KATHERIN P. LIMA ESPARÁ	Proyecto: Diseño de Sistema de Alcantarillado Sanitario	Magnitud: 2,000 mts
	Ubicación: Aldea Agua de las Minas, Amabilán, Guatemala	Escala: Planta 1/1000
	Contenido: Perfil Red A, Red B y Red C	Fecha: Octubre 2014
	F. Ing. Angel Roberto Sic Garcia	Hoja: 4 / 7

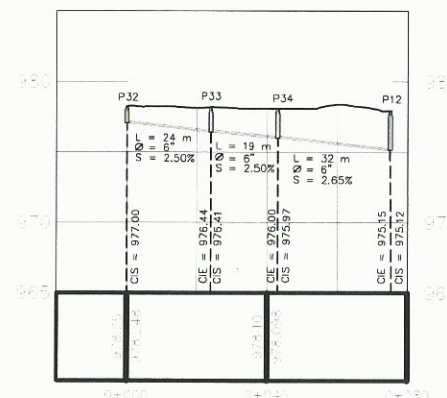
RED D



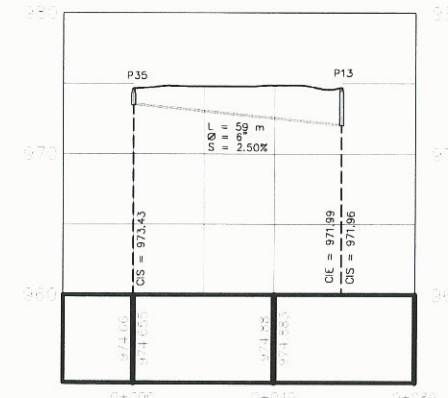
RED D: D5-D3



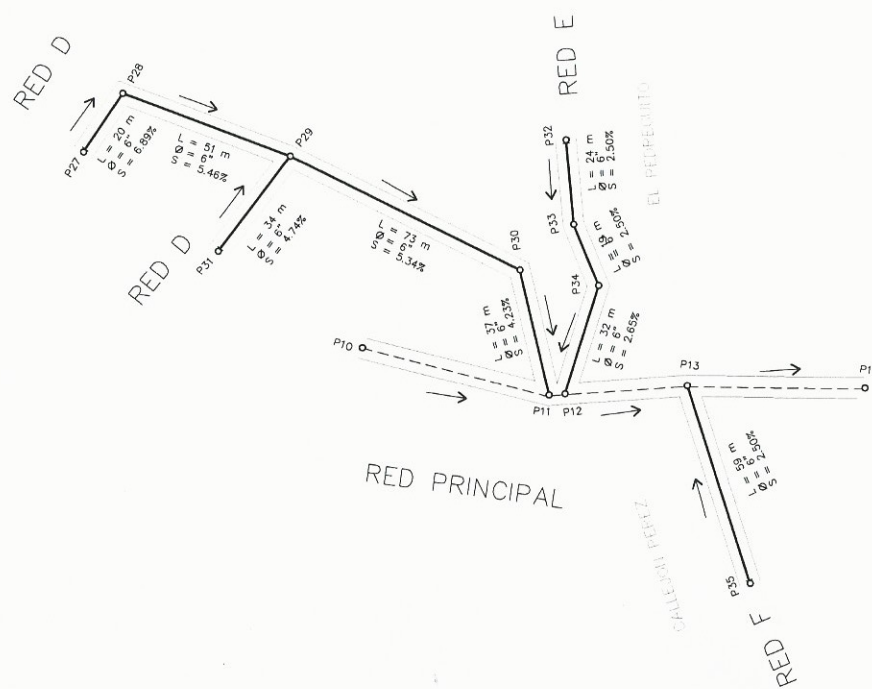
RED E



RED F



PERFIL RED D, RED E Y RED F PV27 – PV35
 ESCALA HOR 1:1,000 / VER 1:250



PLANTA RED D, RED E Y RED F PV27 – PV35
 ESCALA 1:1,000

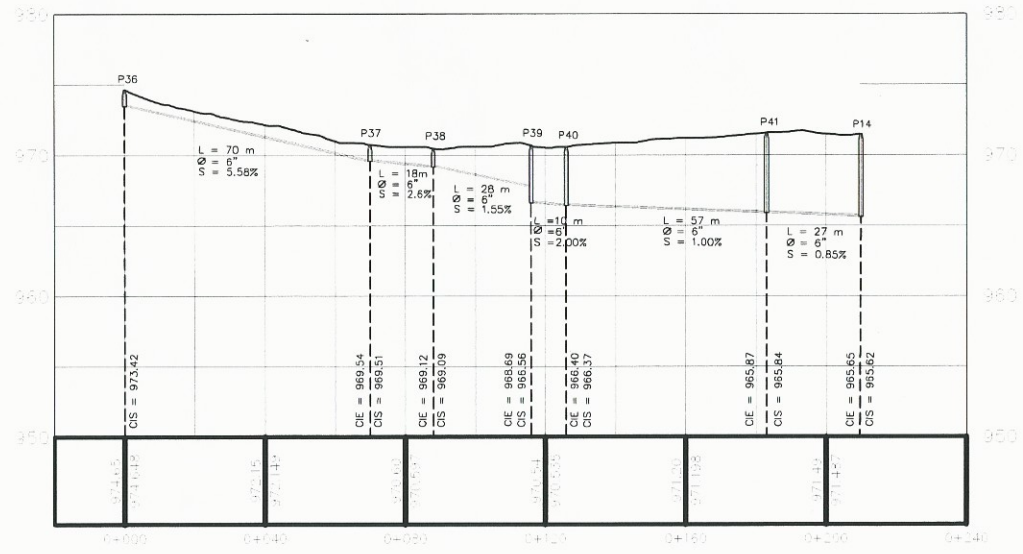
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



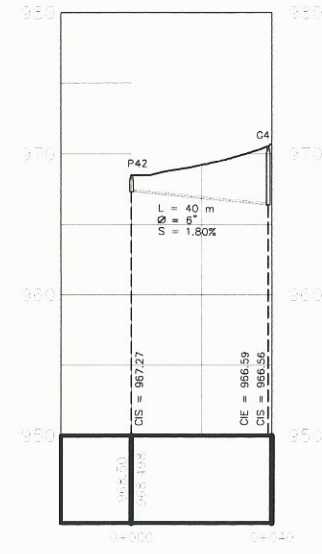
Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de ingeniería

Proyecto: Diseño de Sistema de Alcantarillado Sanitario.	Magnitud: 2,000 mts
Ubicación: Aldea Agua de las Minas, Amatlán, Guatemala	Escala: Planta 1/1000
Contenido: Perfil Red D, Red E y Red F	Fecha: Octubre 2014
F. Ing. Ángel Roberto Sic García	Hoja: 5 / 7

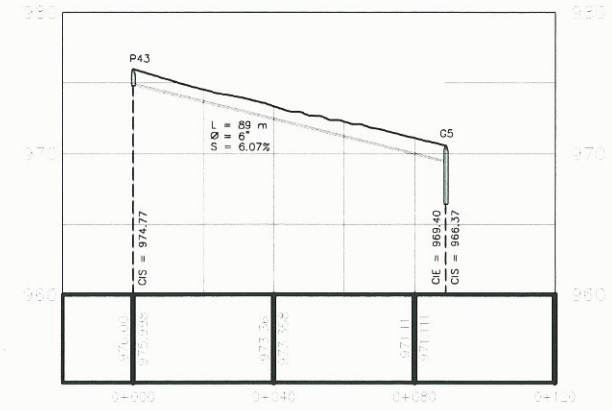
RED G



RED G: G7-G4

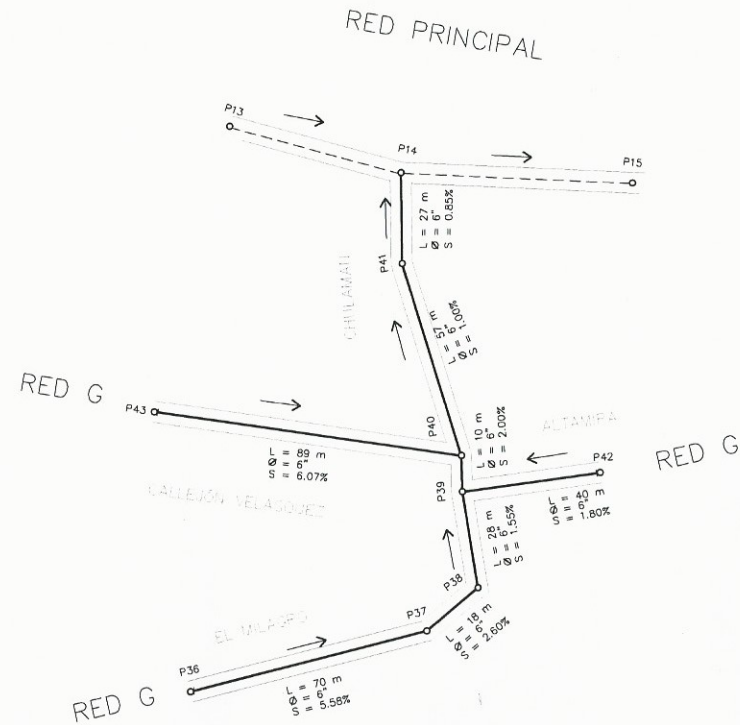


RED G: G8-G5



PERFIL RED G PV36 - PV43

ESCALA HOR 1:1,000 / VER 1:250



PLANTA RED G PV36 - PV43

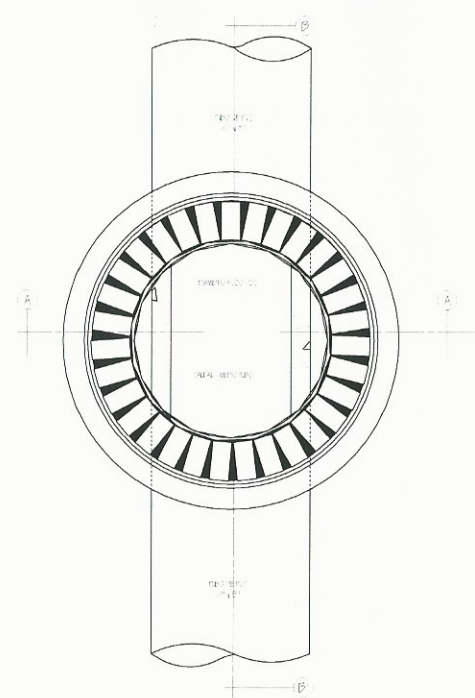
ESCALA 1:1,000

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

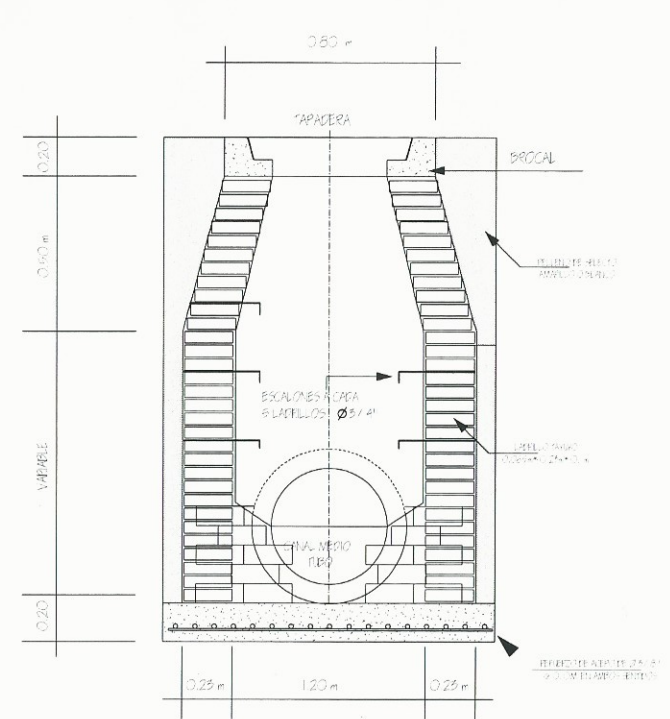


Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de ingeniería

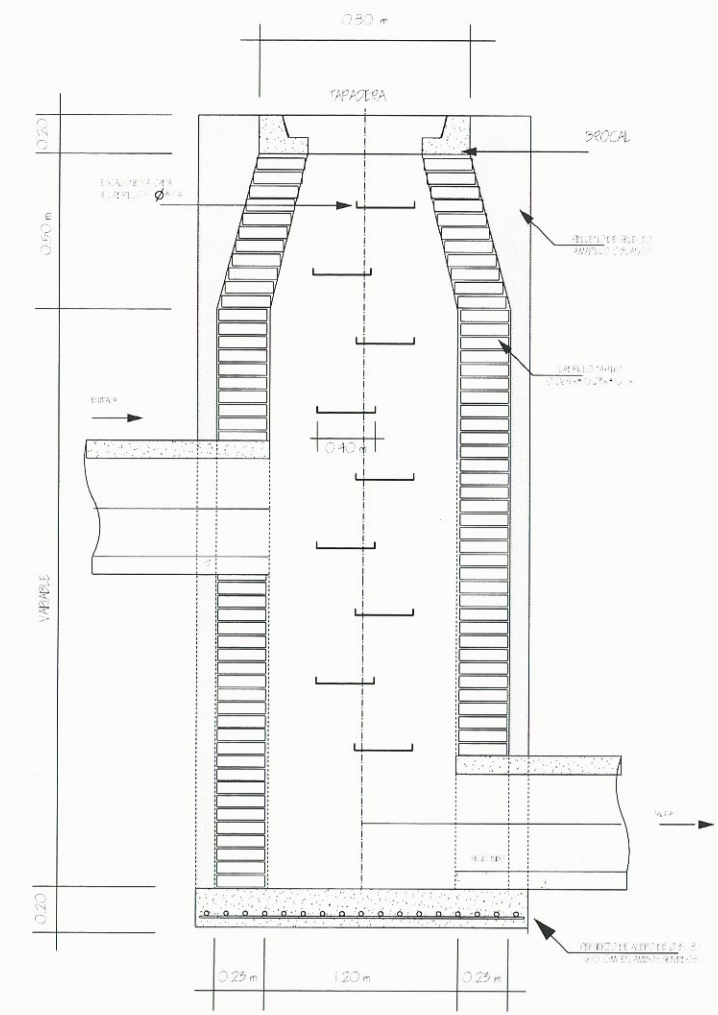
Proyecto: Diseño de Sistema de Alcantarillado Sanitario.	Magnitud: 2,000 mts
Ubicación: Aldea Agua de las Minas, Amazilia, Guatemala	Escala: Planta 1/1000
Contenido: Perfil Red G	Fecha: Octubre 2014
Diseño: KATHERIN P. LIMA ESPARA	Hoja: 6/7
Calculo: KATHERIN P. LIMA ESPARA	
Dibujo: KATHERIN P. LIMA ESPARA	
F. Ing. Ángel Roberto Sic García	



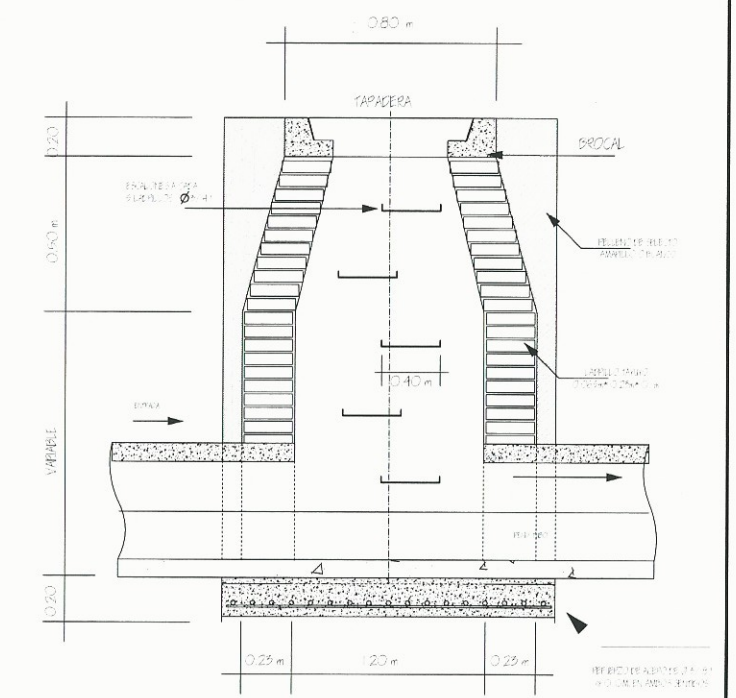
DETALLE I PLANTA POZO DE VISITA



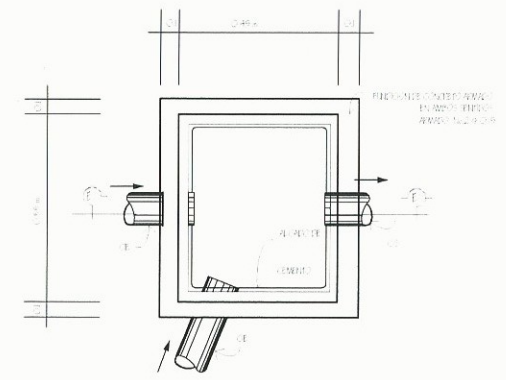
CORTE A-A'



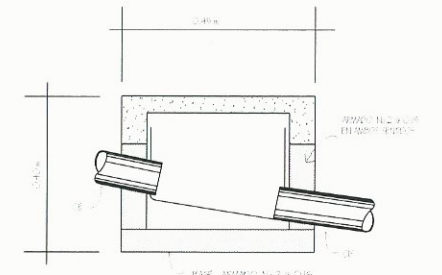
CORTE B-B'



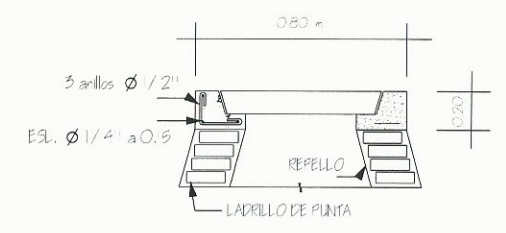
CORTE B-B'



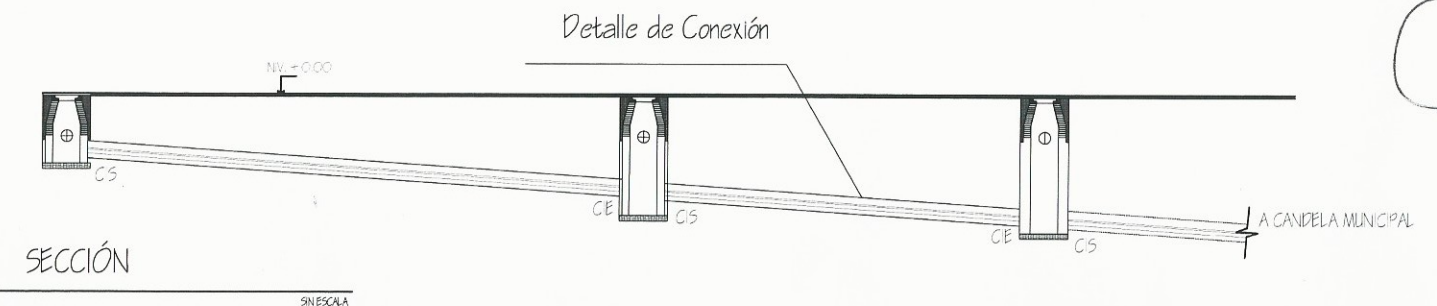
DETALLE CAJA UNION



SECCION DETALLE CAJA UNION



DETALLE TAPADERA DE POZO



SECCION

DETALLES
SIN ESCALA

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de Ingeniería

Proyecto: EPS SEIS MESES	Ubicación: Aldea Agua de las Minas, Amatlán, Guatemala	Magnitud: 2,000 mts
Diseño: KATHERIN P. LIMA ESPARÁ	Contenido: Detalles	Escala: Sin Escala
Fecha: Octubre 2014	Hoja: 7 / 7	

Tabla Resumen Diseño de Curvas Horizontales

No. Curva	Radio	Grado de Curvatura G	Deflexion Δ	Long. Curva	External	Ordenada máxima	Cuerda Maxima	Ls	e%	Sa
1	24.38	47.0	57	24.25	3.36	2.95	23.27	23.00	7.10	1.96
2	35.81	32.0	29	18.13	1.18	1.14	17.93	17.00	5.30	1.38
3	25.47	45.0	62	27.56	4.24	3.64	26.24	23.00	6.90	1.88
4	39.51	29.0	24	16.55	0.88	0.86	16.43	16.00	5.10	1.30
5	26.4	43.4	49	22.58	2.61	2.38	21.90	22.00	6.80	1.84
6	18.48	62.0	88	28.38	7.21	5.19	25.67	28.00	8.50	2.54
7	29.38	39.0	40	20.51	1.89	1.77	20.10	20.00	6.20	1.65
8	20.1	57.0	96	33.68	9.94	6.65	29.87	26.00	8.10	2.34
9	45.84	25.0	73	58.40	11.19	8.99	54.53	14.00	4.30	1.11
10	26.4	43.4	59	27.19	3.93	3.42	26.00	22.00	6.80	1.84
11	18.18	63.0	133	42.20	27.41	10.93	33.34	28.00	8.60	2.58
12	20.83	55.0	73	26.54	5.08	4.09	24.78	26.00	7.90	2.26
13	30.16	38.0	69	36.32	6.44	5.30	34.17	20.00	6.10	1.61
14	47.75	24.0	47	39.17	4.32	3.96	38.08	14.00	4.20	1.07
15	52.02	22.0	65	59.01	9.66	8.15	55.90	13.00	3.90	0.99
16	17.1	67.0	103	30.74	10.37	6.45	26.77	29.00	8.90	2.73
17	30.16	38.0	46	24.21	2.60	2.40	23.57	20.00	6.10	1.61
18	28.65	40.0	43	21.50	2.14	1.99	21.00	21.00	6.40	1.69
19	38.2	30.0	45	30.00	3.15	2.91	29.24	17.00	5.10	1.30
20	33.7	34.0	54	31.76	4.12	3.67	30.60	18.00	5.60	1.46
21	20.1	57.0	123	43.15	22.02	10.51	35.33	26.00	8.10	2.34
22	45.84	25.0	19	15.20	0.64	0.63	15.13	14.00	4.30	1.11
23	39.51	29.0	24	16.55	0.88	0.86	16.43	16.00	4.90	1.27
24	33.7	34.0	49	28.82	3.33	3.03	27.95	18.00	5.60	1.46
25	26.4	43.4	88	40.55	10.30	7.41	36.68	22.00	6.80	1.84
26	38.2	30.0	74	49.34	9.63	7.69	45.98	17.00	5.10	1.30
27	17.1	67.0	140	41.78	32.90	11.25	32.14	29.00	8.90	2.73
28	52.09	22.0	30	27.27	1.84	1.77	26.96	13.00	3.90	0.99
29	38.2	30.0	30	20.00	1.35	1.30	19.77	17.00	5.10	1.30
30	42.44	27.0	22	16.30	0.79	0.78	16.20	15.00	4.60	1.19
31	16.37	70.0	147	42.00	41.27	11.72	31.39	30.00	9.10	2.85
32	30.16	38.0	38	20.00	1.74	1.64	19.64	20.00	6.10	1.61
33	33.7	34.0	70	41.17	7.44	6.09	38.66	18.00	5.60	1.46
34	33.7	34.0	87	51.17	12.76	9.25	46.40	18.00	5.60	1.46
35	35.81	32.0	29	18.13	1.18	1.14	17.93	17.00	5.30	1.38

Proyecto : Drenaje Sanitario Agua de las Minas
 Localidad: Amatitlán, Guatemala Guatemala

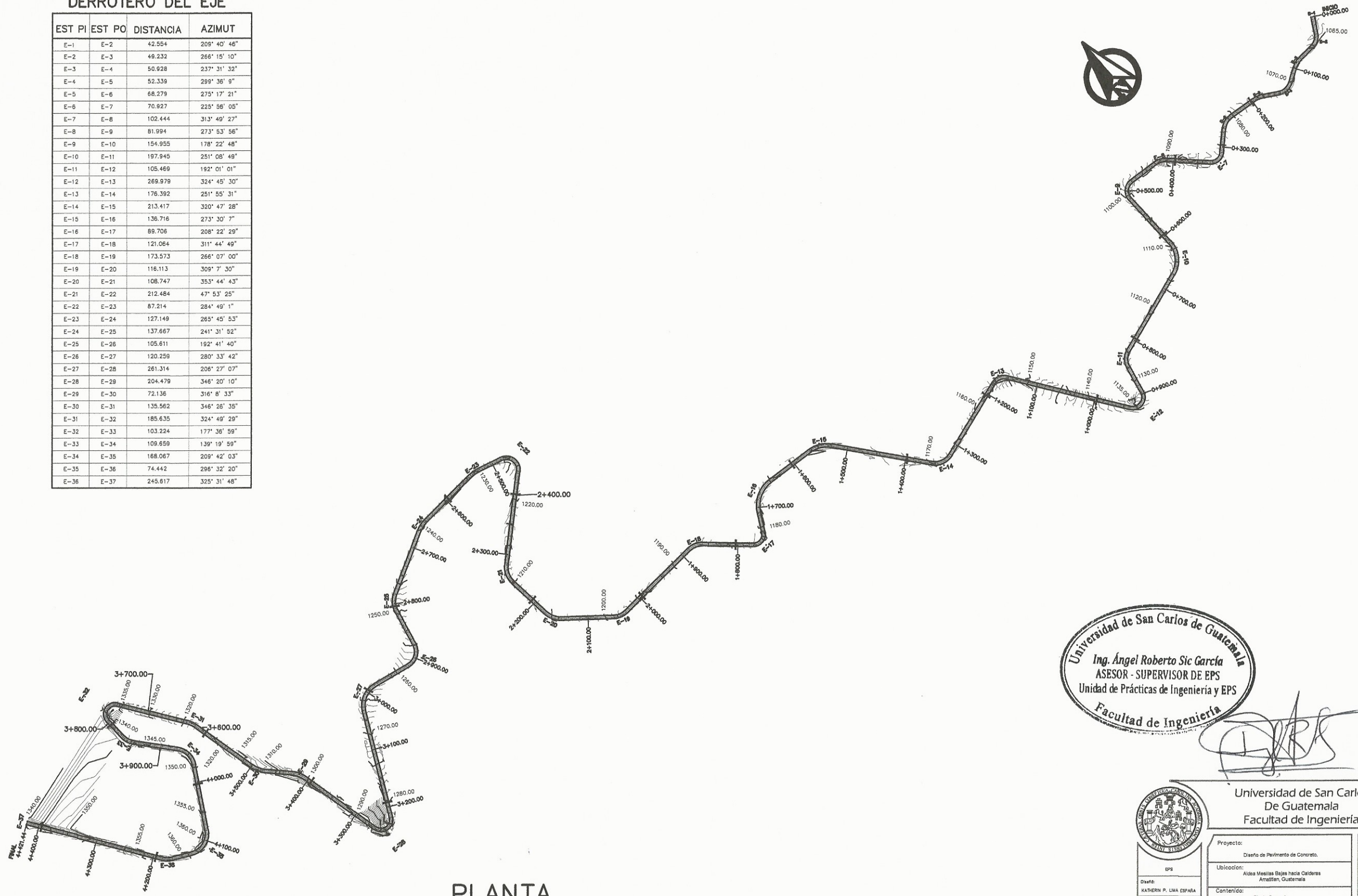
EPS Katherin Paola Lima España
 Agosto 2013 - Febrero 2014

Datos
 pozo Z Altura
 1.2

Cajas de visita		Cotas del Terreno		Datos				Caudal domiciliar			Caudal de conexiones ilícitas	Caudal	Factor		Q _{dis}		Cheques de tuberías						Cheques				Cotas Invert									
De	A	Inicio	Final	Longitud	% S Terreno	Lotes	Cantidad de habitantes por lote	Tasa de crecimiento	Población		Dotación lts / (hab*día)	Caudal domiciliar	Sumatoria de caudales	Factor de Harmon	f _{qm} a usar 0.002 < f _{qm} < 0.005	Caudal de diseño lts/seg	Caudal acumulado lts/seg	Diámetro	% S Tubo	V	Q	q/Q	v/V	d/D	Velocidad	Tirante	Cota Invert	CIE	CIS	CIE	CIS	Pozo	Altura Salida	Pozo	Altura Entrada	
									Actual	Futura																										Po mts
RED PRINCIPAL																																				
P1	P2	1013.498	1010.319	30	10.6	2	2	0.025	4	8	110	0.009	0.003418258	0.01	3.03	0.002	0.05	0.05	6	0.106	3.68627659	67.2432583	0.00075613	0.145412	0.021	0.54	0.02	1012.30	1012.27	1009.12	1009.09	P1	1.20	P2	1.20	
P2	P3	1010.319	1009.004	20	6.57	2	2	0.025	4	8	110	0.01	0.003418258	0.01	3.03	0.002	0.05	0.77	6	0.0657	2.9021354	52.9393374	0.0144629	0.359039	0.084	1.04	0.08	1009.12	1009.12	1009.09	1007.80	1007.77	P2	1.20	P3	1.20
P3	P4	1009.004	1003.97	77	6.54	5	7	0.025	35	73	110	0.07	0.02990976	0.10	2.11	0.002	0.31	1.36	6	0.0654	2.89550194	52.818333	0.02581783	0.426042	0.11	1.23	0.11	1007.80	1007.80	1007.77	1002.74	1002.74	P3	1.20	P4	1.20
P4	P5	1003.97	1000.021	63	6.27	4	4	0.025	16	34	110	0.03	0.013673033	0.05	2.43	0.002	0.16	3.05	6	0.0627	2.83510244	51.7165549	0.05888105	0.545792	0.164	1.55	0.16	1002.77	1002.77	1002.74	998.22	998.19	P4	1.20	P5	1.80
P5	P6	1000.021	996.346	47	7.82	3	4	0.025	12	25	110	0.03	0.010254775	0.04	2.55	0.002	0.13	3.17	6	0.0654	2.89550194	52.818333	0.06008572	0.549834	0.166	1.59	0.17	998.22	998.22	998.19	995.15	995.12	P5	1.80	P6	1.20
P6	P7	996.346	991.073	75	7.03	2	2	0.025	4	8	110	0.01	0.003418258	0.01	3.03	0.002	0.05	3.22	6	0.0703	3.00201355	54.7612659	0.05888236	0.545792	0.164	1.64	0.16	995.15	995.15	995.12	989.87	989.84	P6	1.20	P7	1.20
P7	P8	991.073	987.863	68	4.72	2	6	0.025	12	25	110	0.03	0.010254775	0.04	2.55	0.002	0.13	3.35	6	0.0472	2.45983505	44.8711103	0.07472459	0.585154	0.184	1.44	0.18	989.87	989.87	989.84	986.66	986.63	P7	1.20	P8	1.20
P8	P9	987.863	985.595	47	4.83	2	5	0.025	10	21	110	0.02	0.008545646	0.03	2.63	0.002	0.11	3.46	6	0.0483	2.4883333	45.3909614	0.07630108	0.588966	0.186	1.47	0.19	986.66	986.66	986.63	984.40	984.37	P8	1.20	P9	1.20
P9	P10	985.595	982.988	50	5.21	2	7	0.025	14	29	110	0.03	0.011963904	0.04	2.49	0.002	0.15	3.61	6	0.0521	2.58436498	47.1427245	0.0765634	0.590864	0.187	1.53	0.19	984.40	984.40	984.37	981.79	981.76	P9	1.20	P10	1.20
P10	P11	982.988	978.496	55	8.17	5	4	0.025	20	42	110	0.04	0.017091291	0.06	2.34	0.002	0.20	5.32	6	0.0817	3.23627944	59.0346299	0.09010001	0.61872	0.202	2.00	0.20	981.79	981.79	981.76	977.30	977.27	P10	1.20	P11	1.20
P11	P12	978.496	977.95	5	10.92	4	5	0.025	20	42	110	0.04	0.017091291	0.06	2.34	0.002	0.20	5.88	6	0.1092	3.74150478	68.250704	0.08613069	0.611394	0.198	2.29	0.20	977.30	977.30	977.27	976.75	975.12	P11	1.20	P12	2.80
P12	P13	977.95	974.687	35	9.32	1	3	0.025	3	6	110	0.01	0.002563694	0.01	3.15	0.002	0.04	6.15	8	0.0932	4.18731307	135.79186	0.04531663	0.503961	0.144	2.11	0.14	975.15	975.15	975.12	971.99	971.96	P12	2.80	P13	2.70
P13	P14	974.687	971.498	50	6.38	2	7	0.025	14	29	110	0.03	0.011963904	0.04	2.49	0.002	0.15	7.64	8	0.0638	3.46447806	112.350787	0.06799344	0.569685	0.176	1.97	0.18	971.99	971.99	971.96	968.80	965.62	P13	2.70	P14	5.85
P14	P15	971.498	967.107	67	6.55	6	6	0.025	36	76	110	0.08	0.030764324	0.11	2.10	0.002	0.32	7.96	8	0.03	2.37568089	77.0417977	0.10327847	0.645503	0.217	1.53	0.22	965.65	965.65	965.62	963.61	963.58	P14	5.85	P15	3.5
RED A																																				
P16	P17	1013.863	1010.464	65	5.23	8	5	0.025	40	84	110	0.09	0.034182583	0.12	2.06	0.002	0.35	0.35	6	0.0523	2.58932062	47.2331229	0.00733223	0.289158	0.06	0.75	0.06	1012.66	1012.66	1012.63	1009.26	1009.23	P16	1.20	P17	1.20
P17	P3	1010.464	1009.004	51	2.86	6	6	0.025	36	76	110	0.08	0.030764324	0.11	2.10	0.002	0.32	0.66	6	0.0286	1.91477612	34.9284113	0.01900936	0.388318	0.095	0.74	0.10	1009.26	1009.26	1009.23	1007.80	1007.77	P17	1.20	P3	1.20
RED B																																				
P18	P19	1010.393	1006.83	44	8.10	5	4	0.025	20	42	110	0.04	0.017091291	0.06	2.34	0.002	0.20	0.20	6	0.081	3.2223855	58.7811835	0.00333472	0.229291	0.042	0.74	0.04	1009.19	1009.19	1009.16	1005.63	1005.60	P18	1.20	P19	1.20
P19	P4	1006.83	1003.97	57	5.01	2	4	0.025	8	17	110	0.02	0.006836517	0.02	2.73	0.002	0.09	0.29	6	0.0501	2.53427564	46.2290192	0.00622147	0.276517	0.056	0.70	0.06	1005.63	1005.63	1005.60	1002.74	1002.74	P19	1.20	P4	1.20
RED C																																				
P20	P21	1013.889	1008.109	60	9.63	7	5	0.025	35	73	110	0.07	0.02990976	0.10	2.11	0.002	0.31	0.31	6	0.0963	3.51356611	64.0927579	0.00484276	0.256893	0.05	0.90	0.05	1012.69	1012.69	1012.66	1006.91	1006.88	P20	1.20	P21	1.20
P21	P22	1008.109	1002.0455	69	8.79	5	4	0.025	20	42	110	0.04	0.017091291	0.06	2.34	0.002	0.20	0.51	6	0.0879	3.35683058	61.233665	0.00827004	0.30148	0.064	1.01	0.06	1006.91	1006.91	1006.88	1000.85	1000.82	P21	1.20	P22	1.20
P22	P23	1002.0455	1000.568	29	5.09	4	4	0.025	16	34	110	0.03	0.013673033	0.05	2.43	0.002	0.16	0.94	6	0.0509	2.55442924	46.5966514	0.02023739	0.396055	0.098	1.01	0.10	1000.85	1000.85	1000.82	999.37	999.34	P22	1.20	P23	1.20
P23	P24	1000.568	1000.568	67	8.25	6	5	0.025	30	63	110	0.06	0.025636937	0.09	2.17	0.002	0.27	0.27	6	0.0825	3.25208553	59.322957	0.00461057	0.253537	0.049	0.82	0.05	1004.89	1004.89	1004.86	999.37	999.34	P23	1.20	P24	1.20
P24	P25	1000.568	1001.921	37	-3.66	2	5	0.025	10	21	110	0.02	0.008545646	0.03	2.63	0.002	0.11	1.36	6	0.01	1.13223085	20.6536026	0.06603133	0.565762	0.174	0.64	0.17	999.37	999.37	999.34	999.02	998.99	P24	1.20	P25	2.90
P25	P26	1001.921	1001.921	75	5.72	5	7	0.025	35	73	110	0.07	0.02990976	0.10	2.11	0.002	0.31	0.31	6	0.0572	2.70790235	49.396233	0.0062836	0.276517	0.056	0.75	0.06	1005.01	1005.01	1004.98	999.02	998.99	P25	1.20	P26	2.90
P26	P5	1001.921	1000.021	75	2.53	3	5	0.025	15	31	110	0.03	0.012818469	0.04	2.46	0.002	0.15	1.52	6	0.0253	1.80092342	32.851566	0.04621979	0.508265	0.146	0.92	0.15	999.02	999.02	998.99	998.22	998.19	P26	2.90	P5	1.80
RED D																																				
P27	P28	988.123	986.746	20	6.89	8	5	0.025	40	84	110	0.09	0.034182583	0.12	2.06	0.002	0.35	0.35	6	0.0689	2.9719712	54.213248	0.00638818	0.279709	0.057	0.83	0.06	986.92	986.92	986.89	985.55	985.52	P27	1.20	P28	1.20
P28	P29	986.746	983.96	51	5.46	6	4	0.025	24	50	110	0.05	0.02050955	0.07	2.26	0.002	0.23	0.80	6	0.0546	2.6456434	48.2605356	0.0166135	0.372532	0.089	0.99	0.09	985.55	985.55	985.52	982.76	982.73	P28	1.20	P29	1.20
P29	P30	983.96	980.06	34	4.74	4	6	0.025	24	50	110	0.05	0.02050955	0.07	2.26	0.002	0.23	0.23	6	0.0474	2.46504105	44.9660757	0.0050644	0.260223	0.051	0.64	0.05	984.37	984.37	984.34	982.76	982.73	P29	1.20	P30	1.20
P30	P11	980.06	978.50	37	4.23	4	4	0.025	16	34	110	0.03	0.013673033	0.05	2.43	0.002	0.16	1.51	6	0.0423	2.3286551	42.4781897	0.03563229	0.470746	0.129	1.10	0.13	978.86	978.86	978.83	977.30	977.27	P30	1.20	P11	1.20
RED E																																				
P32	P33	978.227	978.19	24	0.15	3	4	0.025	12	25	110	0.03	0.010254775	0.04	2.55	0.002	0.13	0.13	6	0.025	1.79021417	32.656213	0.00393502	0.239853	0.045	0.43	0.05	977.03	977.03	977.00	976.44	976.41	P32	1.20	P33	1.75
P33	P34	978.19	978.10	19	0.48	3	2	0.025	6	13	110	0.01	0.005127387	0.02	2.85	0.002	0.07	0.20	6	0.025	1.79021417	32.656213	0.00613552	0.276517	0.056	0.50	0.06	976.99	976.99	976.41	976.00	975.97	P33	1.75	P34	2.10
P3																																				

DERROTERO DEL EJE

EST PI	EST PO	DISTANCIA	AZIMUT
E-1	E-2	42.554	209° 40' 46"
E-2	E-3	49.232	266° 15' 10"
E-3	E-4	50.928	237° 31' 32"
E-4	E-5	52.339	299° 36' 9"
E-5	E-6	68.279	275° 17' 21"
E-6	E-7	70.927	225° 56' 05"
E-7	E-8	102.444	313° 49' 27"
E-8	E-9	81.994	273° 53' 56"
E-9	E-10	154.955	178° 22' 48"
E-10	E-11	197.945	251° 08' 49"
E-11	E-12	105.469	192° 01' 01"
E-12	E-13	269.979	324° 45' 30"
E-13	E-14	176.392	251° 55' 31"
E-14	E-15	213.417	320° 47' 28"
E-15	E-16	136.716	273° 30' 7"
E-16	E-17	89.706	208° 22' 29"
E-17	E-18	121.064	311° 44' 49"
E-18	E-19	173.573	266° 07' 00"
E-19	E-20	116.113	309° 7' 30"
E-20	E-21	108.747	353° 44' 43"
E-21	E-22	212.484	47° 53' 25"
E-22	E-23	87.214	284° 49' 1"
E-23	E-24	127.149	265° 45' 53"
E-24	E-25	137.667	241° 31' 52"
E-25	E-26	105.611	192° 41' 40"
E-26	E-27	120.259	280° 33' 42"
E-27	E-28	261.314	206° 27' 07"
E-28	E-29	204.479	346° 20' 10"
E-29	E-30	72.136	316° 8' 33"
E-30	E-31	135.562	346° 26' 35"
E-31	E-32	185.635	324° 49' 29"
E-32	E-33	103.224	177° 36' 59"
E-33	E-34	109.859	139° 19' 59"
E-34	E-35	168.067	209° 42' 03"
E-35	E-36	74.442	296° 32' 20"
E-36	E-37	245.617	325° 31' 48"



PLANTA
ESCALA 1:3000

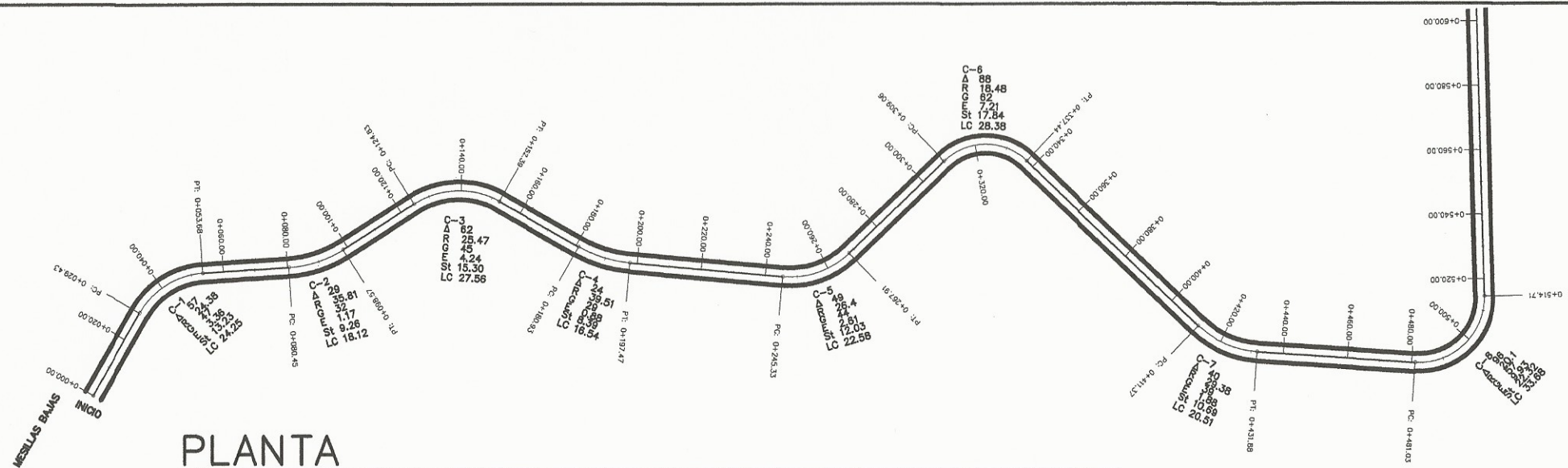
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

(Handwritten signature)

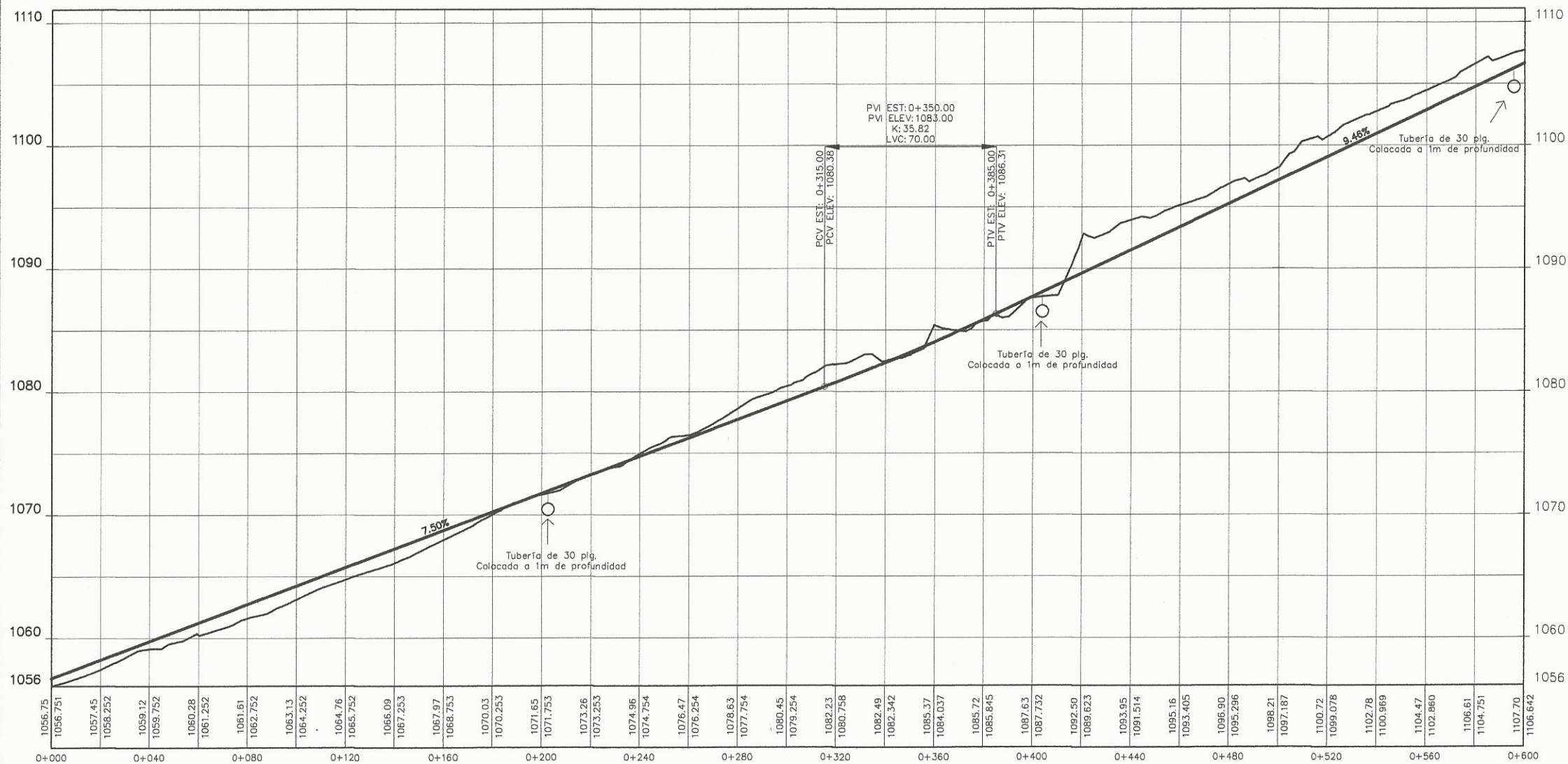


Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de Ingeniería

EPS Diseñó: KATHERIN P. LIMA ESPARÁ Calculó: KATHERIN P. LIMA ESPARÁ Dibujó: KATHERIN P. LIMA ESPARÁ	Proyecto: Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala: Planta 1/3000
	Ubicación: Aldea Masillas Bajes hacia Calderas Amatlán, Guatemala	Fecha: Septiembre 2014
	Contenido: Planta General	Hoja: 1 / 19
	F.: Ing. Ángel Roberto Sic García	



PLANTA
ESCALA 1:1000



PERFIL
ESCALA HOR. 1:1000 / VERT. 1:200

NOMENCLATURA	
E-1	Número de Estación
O+000	Caminamiento Horizontal
C-1	Número de curva Horizontal
Δ	Delta
R	Radio de Curva
G	Grado de Curvatura
E	External
ST	Subtangente
0%	Pendiente del Terreno
o	Tubería Transversal
—	Perfil del Terreno
—	Rasante

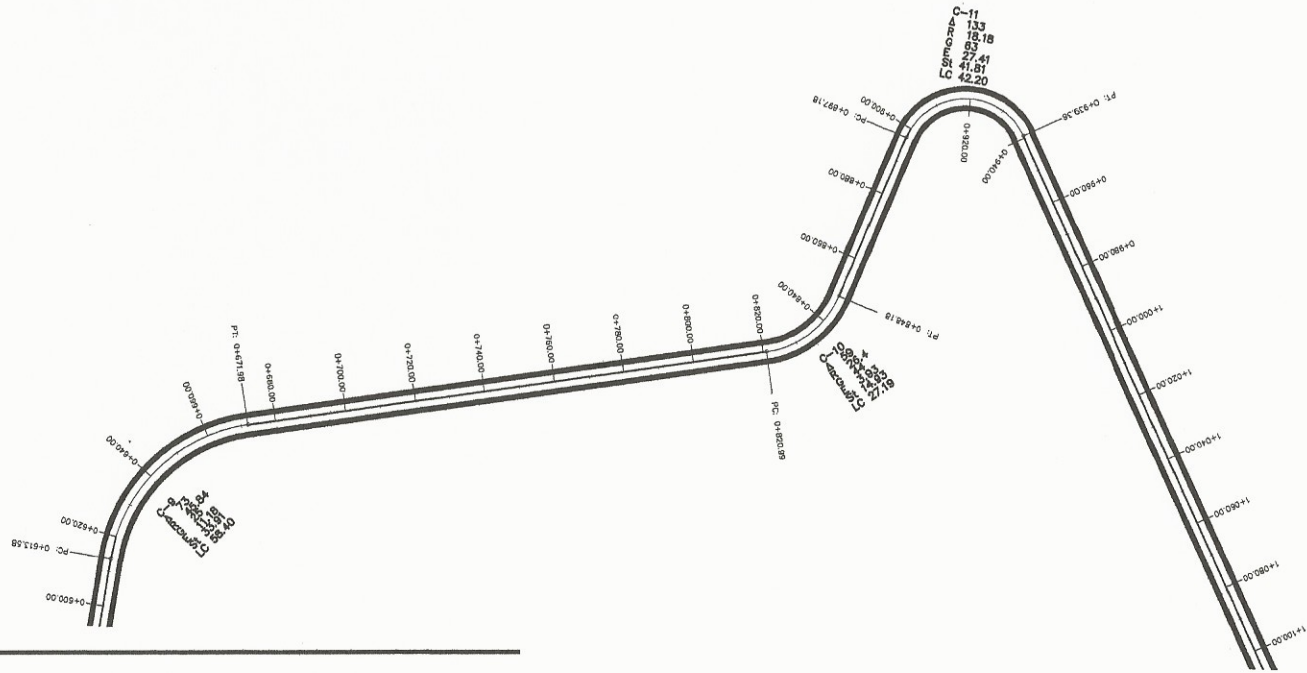
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

[Handwritten Signature]

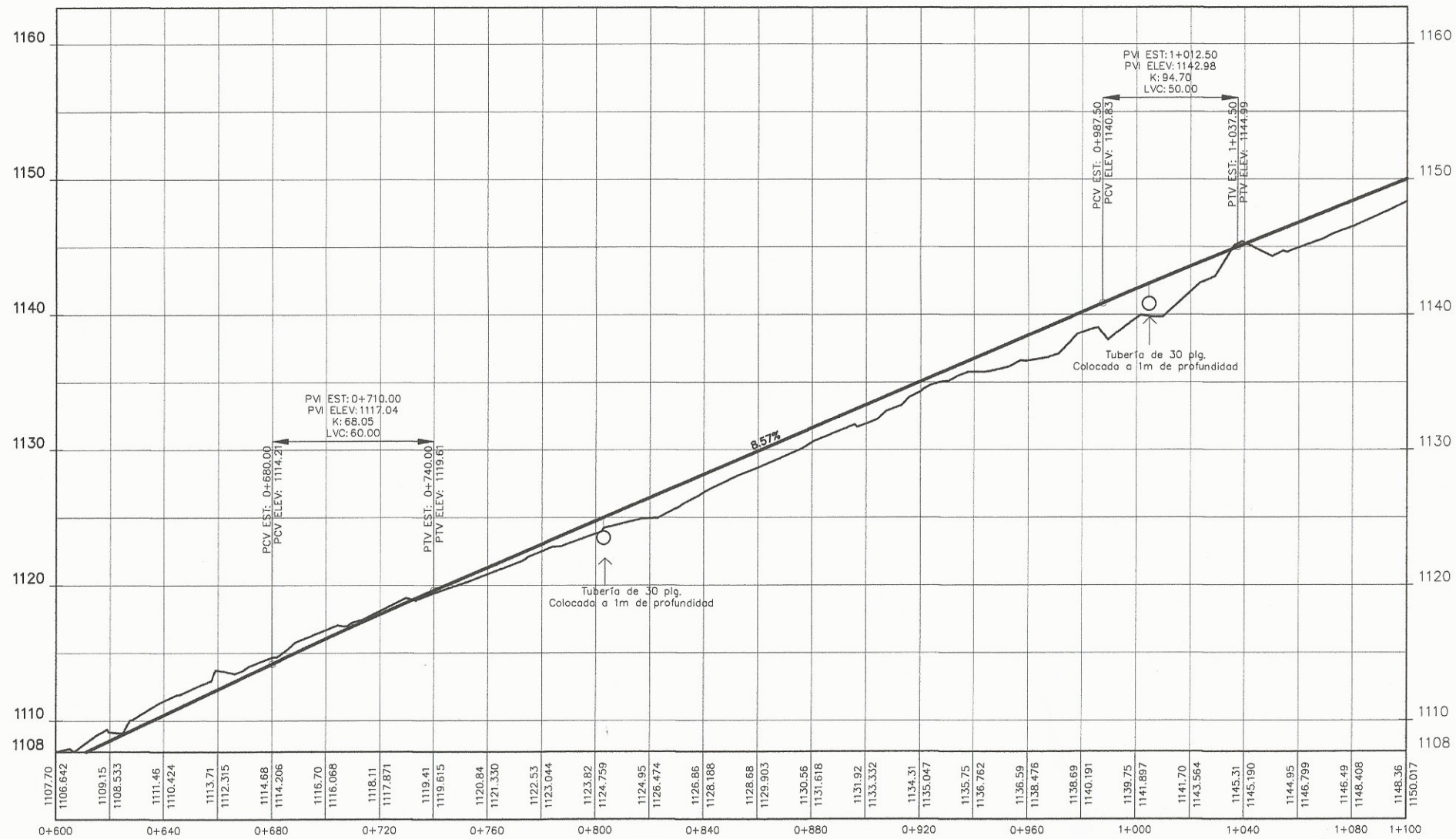


Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de Ingeniería

EPS Diseñó: KATHERIN P. LIMA ESPARA Calculó: KATHERIN P. LIMA ESPARA Dibujó: KATHERIN P. LIMA ESPARA	Proyecto: Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala: Planta 1/1000 Perfil 1/200
	Ubicación: Aldea Mesillas Bajas hacia Calderas Amatitlán, Guatemala	Fecha: Agosto 2014
	Contenido: Planta y Perfil 0+000 a 0+600	Hoja: 2 / 19
	F.: Ing. Ángel Roberto Sic García	



PLANTA
ESCALA 1:1000



PERFIL
ESCALA HOR. 1:1000 / VERT. 1:200

NOMENCLATURA	
E-1	Número de Estación
0+000	Caminamiento Horizontal
C-1	Número de curva Horizontal
Δ	Delta
R	Radio de Curva
G	Grado de Curvatura
E	External
ST	Subtangente
0%	Pendiente del Terreno
o	Tubería Transversal
—	Perfil del Terreno
—	Rasante

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



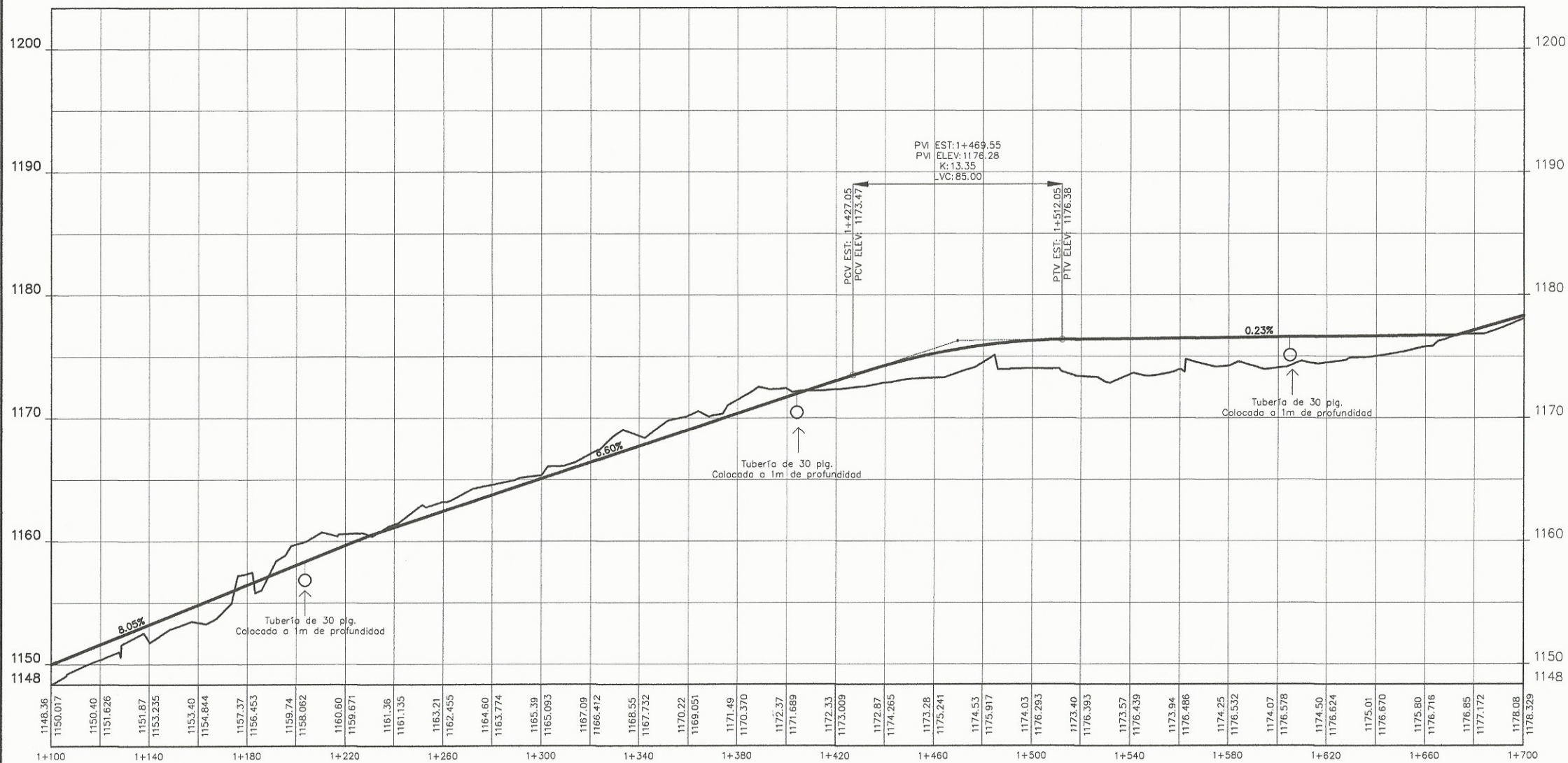
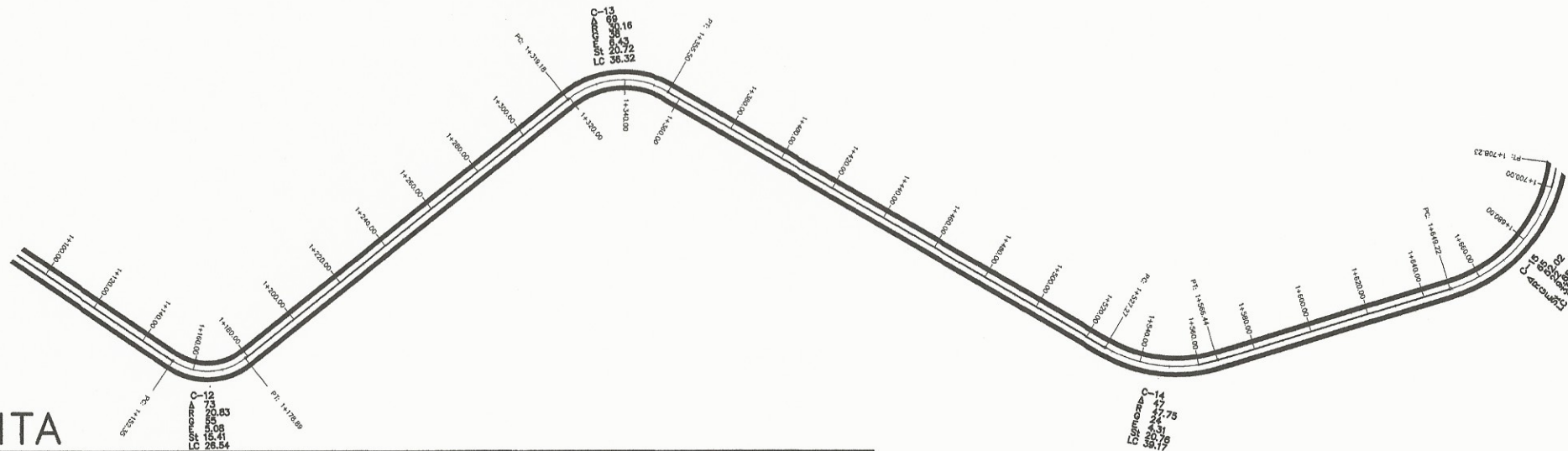
Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de Ingeniería

EPS Diseña: KATHERIN P. LIMA ESPARA Consulta: KATHERIN P. LIMA ESPARA Dibuja: KATHERIN P. LIMA ESPARA	Proyecto: Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala: Planta 1/1000 Perfil 1/200
	Ubicación: Aldas Mesillas Bajas hacia Calderas Amatitlán, Guatemala	Fecha: Septiembre 2014
	Contenido: Planta y Perfil 0+000 a 1+100	Hoja: 3 / 19
	F. _____ Ing. Ángel Roberto Sic García	



PLANTA

ESCALA 1:1000



NOMENCLATURA	
E-1	Número de Estación
O+000	Caminamiento Horizontal
C-1	Número de curva Horizontal
Δ	Delta
R	Radio de Curva
G	Grado de Curvatura
E	External
ST	Subtangente
0%	Pendiente del Terreno
o	Tubería Transversal
—	Perfil del Terreno
—	Rasante

PERFIL

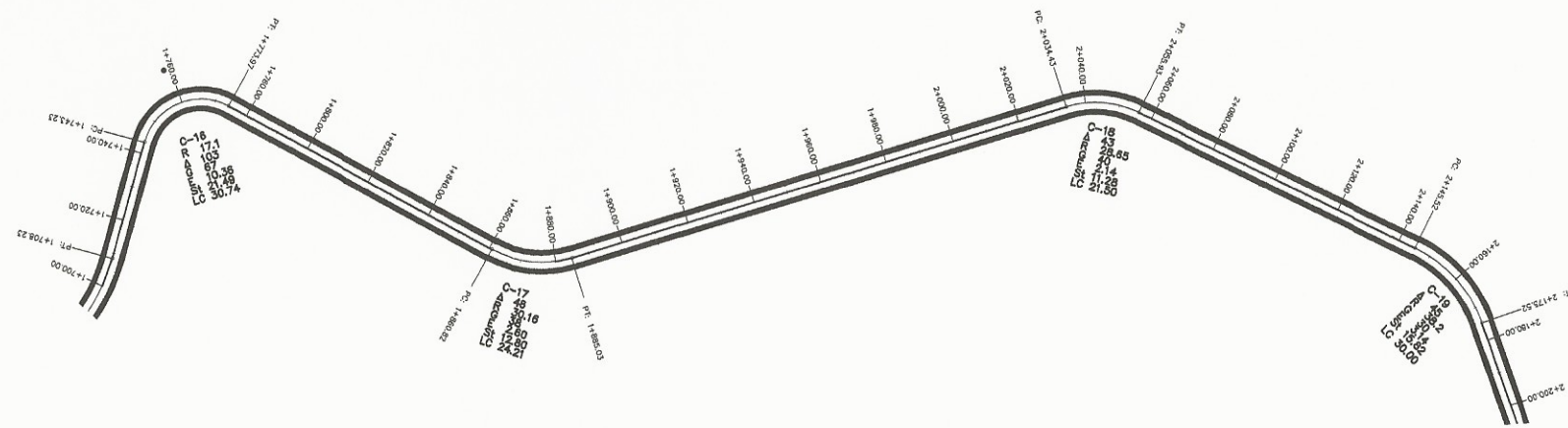
ESCALA HOR. 1:1000 / VERT. 1:200

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de Ingeniería

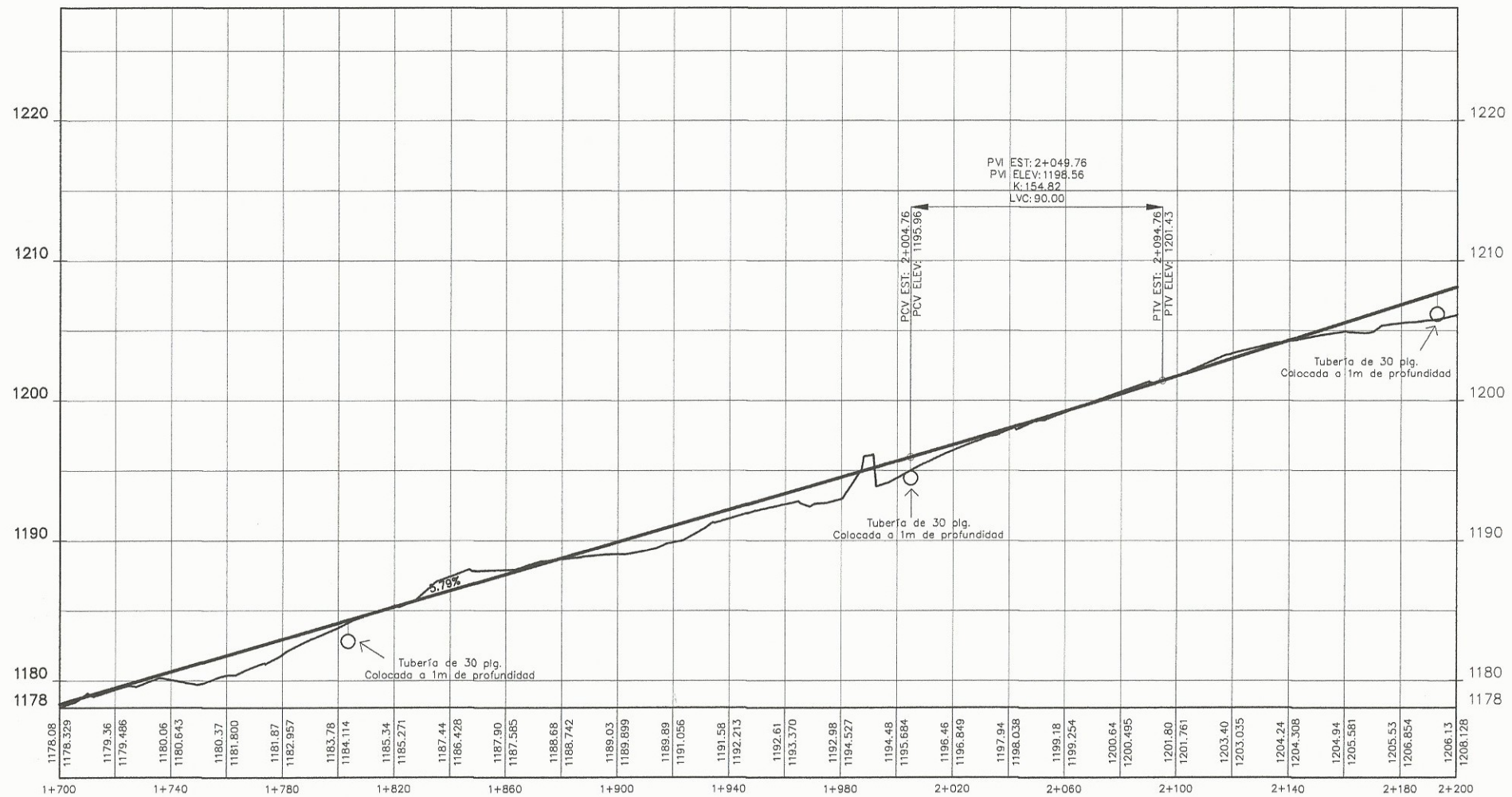
EPS	Proyecto:	Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala:	Planta 1/1000 Perf 1/200
	Ubicación:	Aldea Mesillas Belas hacia Calderas Amatitlán, Guatemala	Fecha:	Septiembre 2014
	Contenido:	Planta y Perfil 1+100 a 1+700	Hoja:	4 / 19
	F.:	Ing. Ángel Roberto Sic García		



PLANTA

ESCALA 1:1000

NOMENCLATURA	
E-1	Número de Estación
0+000	Caminamiento Horizontal
C-1	Número de curva Horizontal
Δ	Delta
R	Radio de Curva
G	Grado de Curvatura
E	External
ST	Subtangente
0%	Pendiente del Terreno
o	Tubería Transversal
—	Perfil del Terreno
—	Rasante



PERFIL

ESCALA HOR. 1:1000 / VERT. 1:200

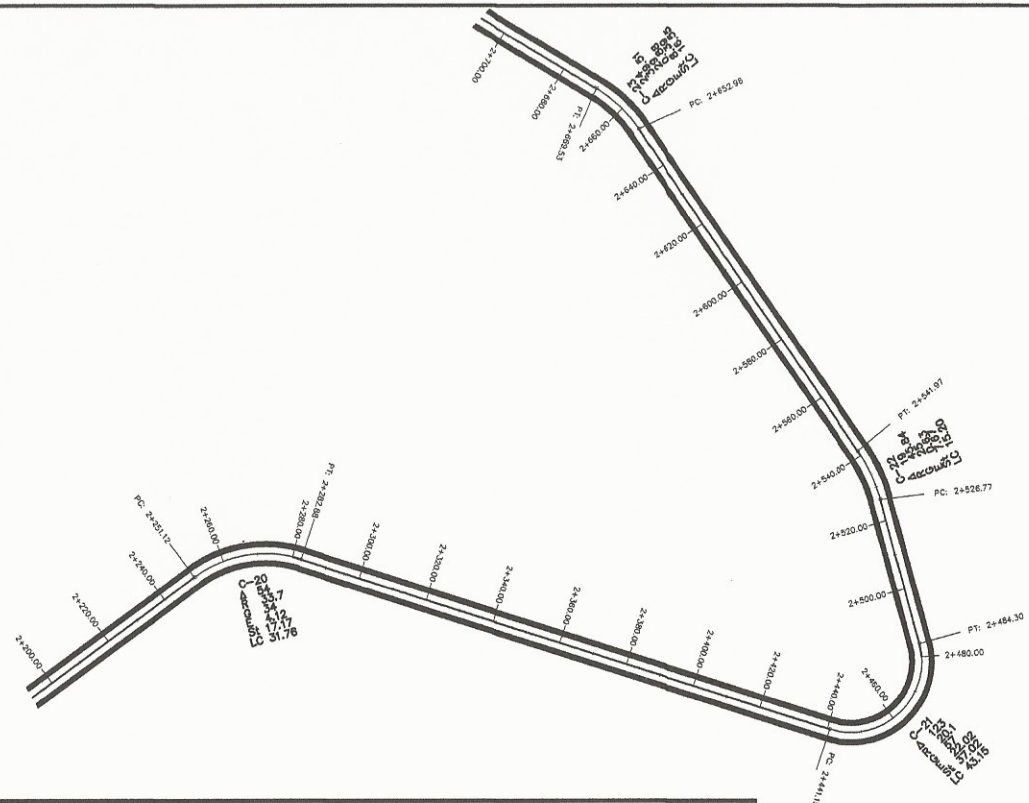


[Handwritten signature]



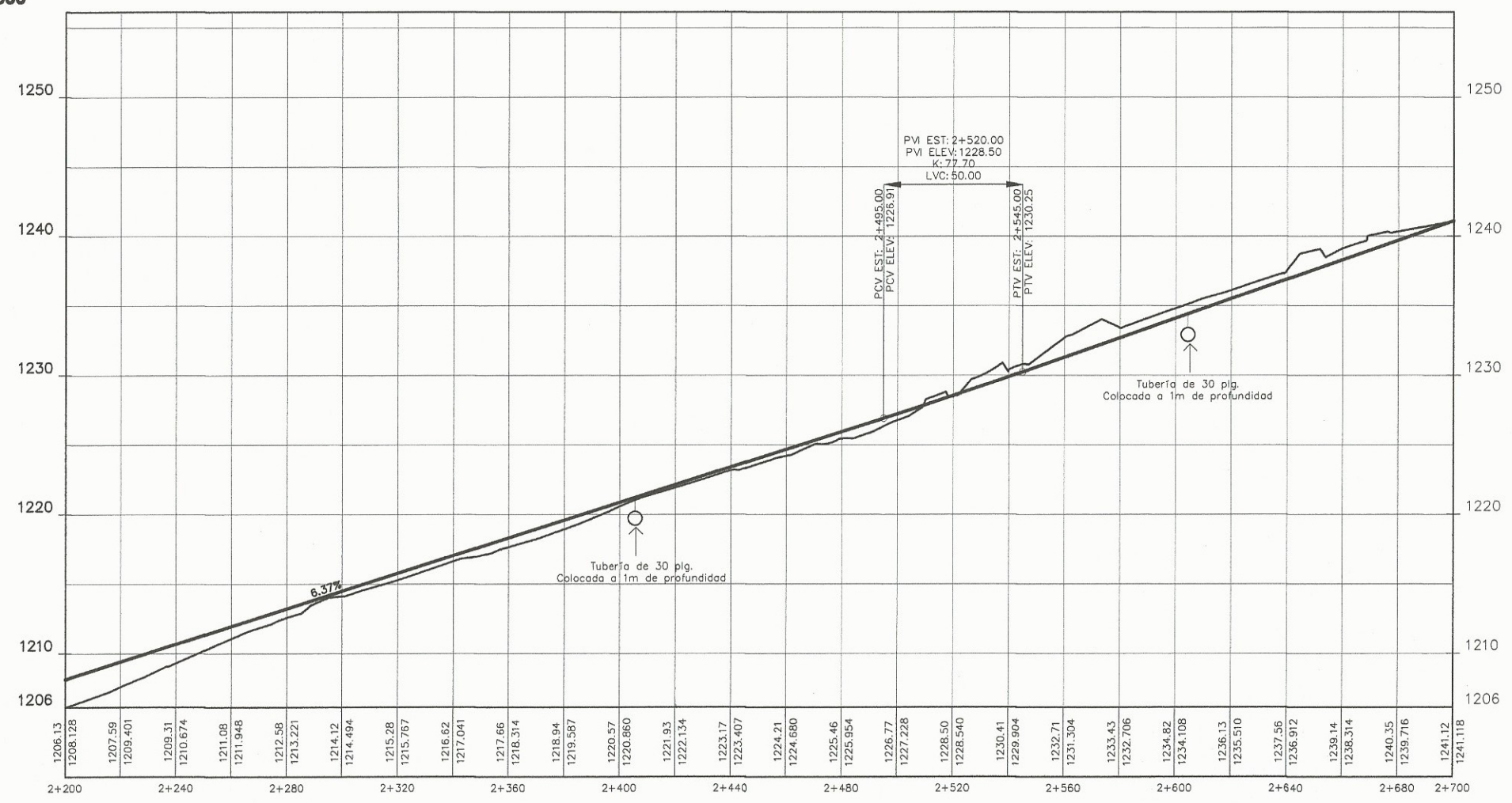
Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de Ingeniería

EPS	Proyecto: Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala: Planta 1/1000 Perfil 1/200
Diseño: KATHERIN P. LIMA ESPARA	Ubicación: Aldea Mesillas Bajas hacia Calderas Amatitlán, Guatemala	Fecha: Septiembre 2014
Calculó: KATHERIN P. LIMA ESPARA	Contenido: Planta y Perfil 1+700 a 2+200	Hoja: 5 / 19
Dibujó: KATHERIN P. LIMA ESPARA	F. Ing. Ángel Roberto Sic García	



PLANTA
ESCALA 1:1000

NOMENCLATURA	
E-1	Número de Estación
0+000	Caminamiento Horizontal
C-1	Número de curva Horizontal
Δ	Delta
R	Radio de Curva
G	Grado de Curvatura
E	External
ST	Subtangente
0%	Pendiente del Terreno
o	Tubería Transversal
—	Perfil del Terreno
—	Rasante

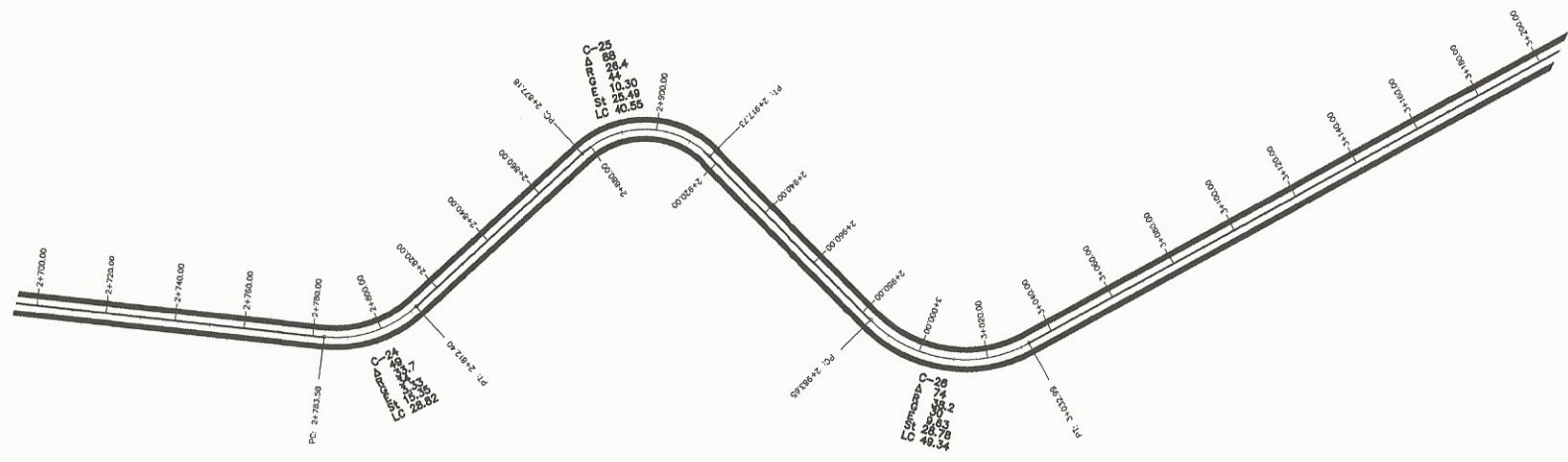


PERFIL
ESCALA HOR. 1:1000 / VERT. 1:200

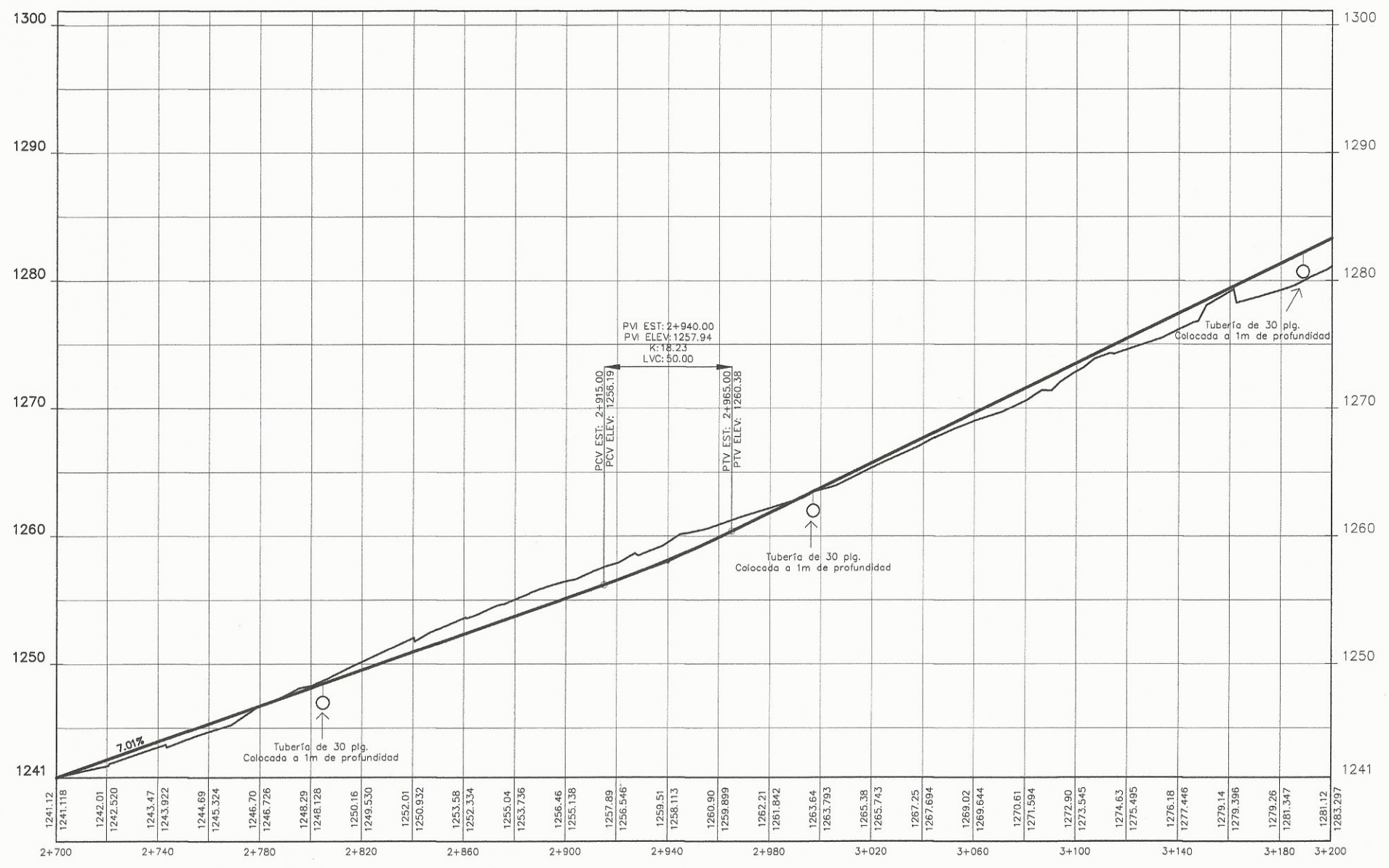


Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de Ingeniería

EPS	Proyecto: Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala: Planta 1/1000 Perfil 1/200
Diseño: KATHERIN P. LIMA ESPARA	Ubicación: Aldea Mesillas Bajas hacia Calámaras Amatitlán, Guatemala	Fecha: Septiembre 2014
Calculó: KATHERIN P. LIMA ESPARA	Contenido: Planta y Perfil 2+200 a 2+700	Hoja: 6 / 19
Dibujó: KATHERIN P. LIMA ESPARA	F. Ing. Ángel Roberto Sic García	



PLANTA
ESCALA 1:1000



PERFIL
ESCALA HOR. 1:1000 / VERT. 1:200

NOMENCLATURA	
E-1	Número de Estación
0+000	Caminamiento Horizontal
C-1	Número de curva Horizontal
Δ	Delta
R	Radio de Curva
G	Grado de Curvatura
E	External
ST	Subtangente
0%	Pendiente del Terreno
o	Tubería Transversal
—	Perfil del Terreno
—	Rasante

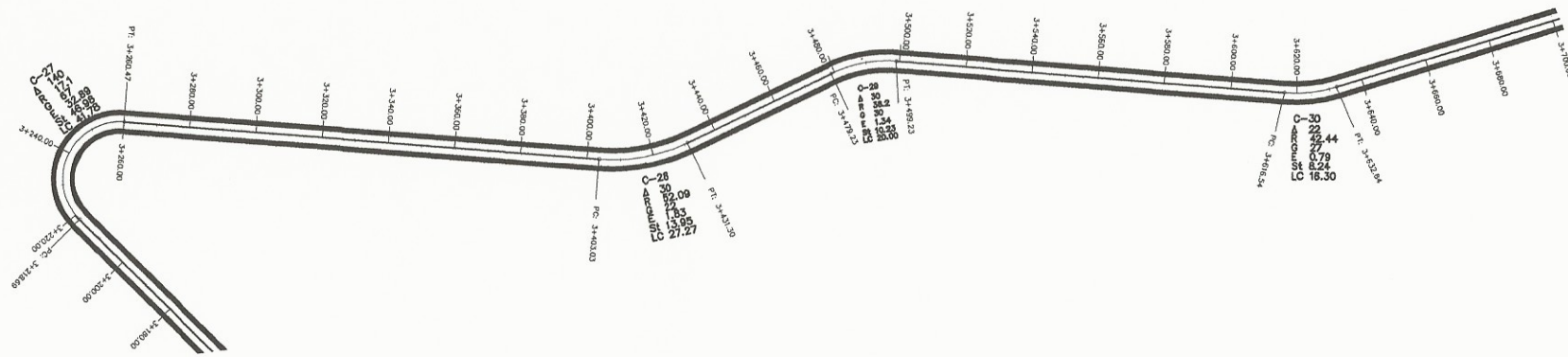


[Handwritten signature]



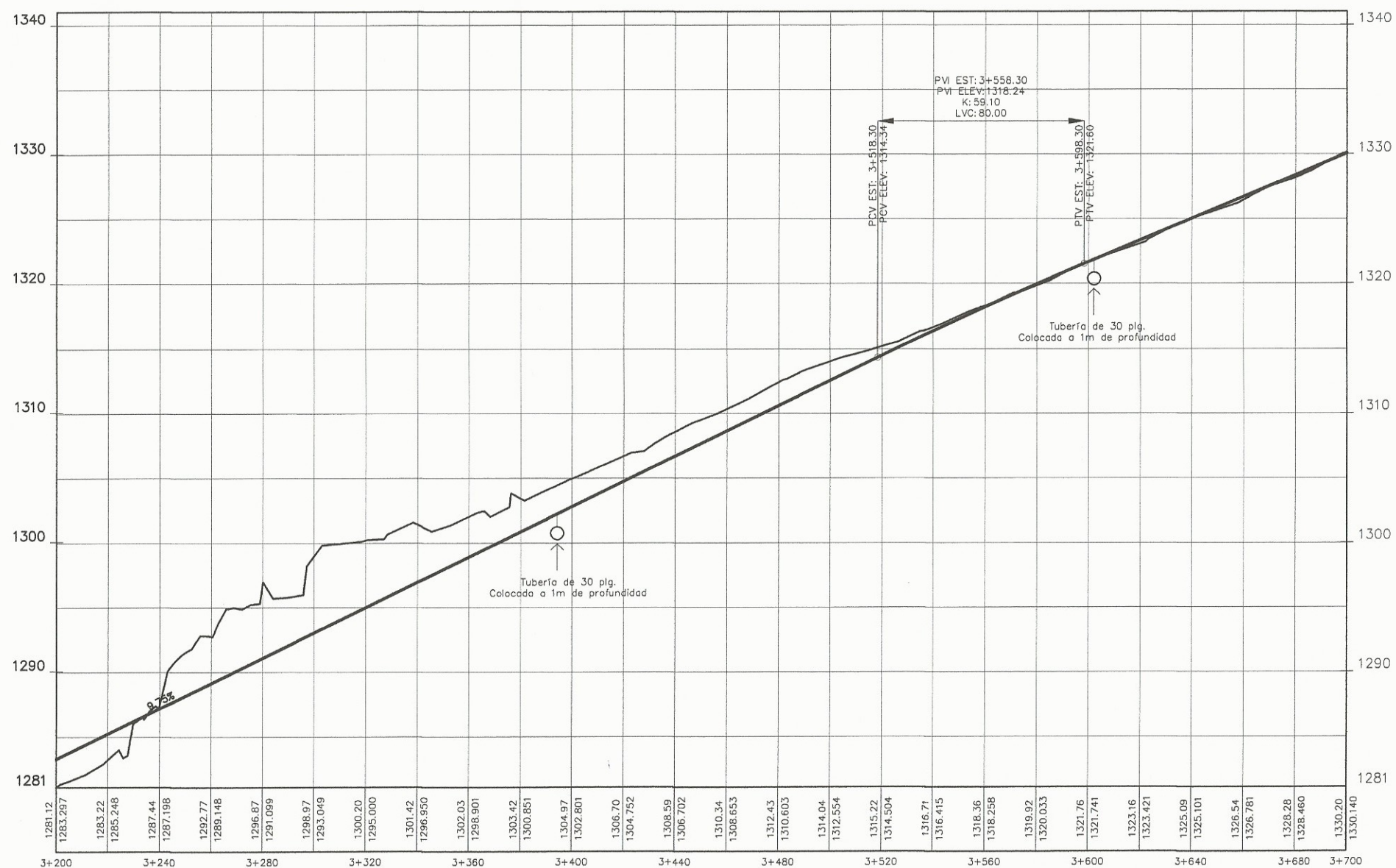
Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de Ingeniería

EPS	Proyecto: Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala: Planta 1/1000 Perfil 1/200
Diseño: KATHERIN P. LIMA ESPAÑA	Ubicación: Aldea Mesillas Bajas hacia Calderas Amatitlán, Guatemala	Fecha: Septiembre 2014
Calculo: KATHERIN P. LIMA ESPAÑA	Contenido: Planta y Perfil 2+700 a 3+200	Hoja: 7 / 19
Dibujo: KATHERIN P. LIMA ESPAÑA	F. Ing. Ángel Roberto Sic García	



PLANTA

ESCALA 1:1000



NOMENCLATURA	
E-1	Número de Estación
0+000	Caminamiento Horizontal
C-1	Número de curva Horizontal
Δ	Delta
R	Radio de Curva
G	Grado de Curvatura
E	External
ST	Subtangente
0%	Pendiente del Terreno
o	Tubería Transversal
—	Perfil del Terreno
—	Rasante

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Angel Roberto Sic Garcia
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

[Handwritten Signature]

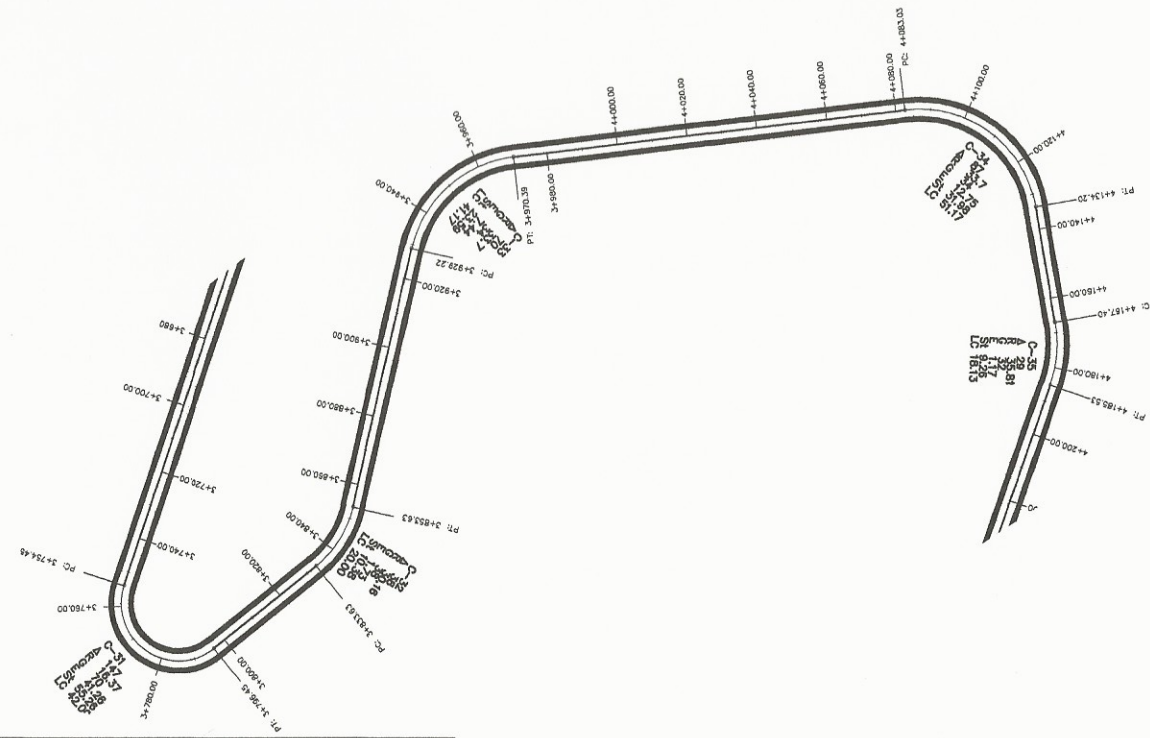


Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de Ingeniería

EPS Diseñó: KATHERIN P. LIMA ESPAÑA Colocó: KATHERIN P. LIMA ESPAÑA Dibujó: KATHERIN P. LIMA ESPAÑA	Proyecto: Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala: Planta 1/1000 Perfil 1/200
	Ubicación: Aldea Mesillas Bajas hacia Calderas Amatitlan, Guatemala	Fecha: Septiembre 2014
	Contenido: Planta y Perfil 3+200 a 3+700	Hoja: 8 / 19
	F.: Ing. Angel Roberto Sic Garcia	

PERFIL

ESCALA HOR. 1:1000 / VERT. 1:200

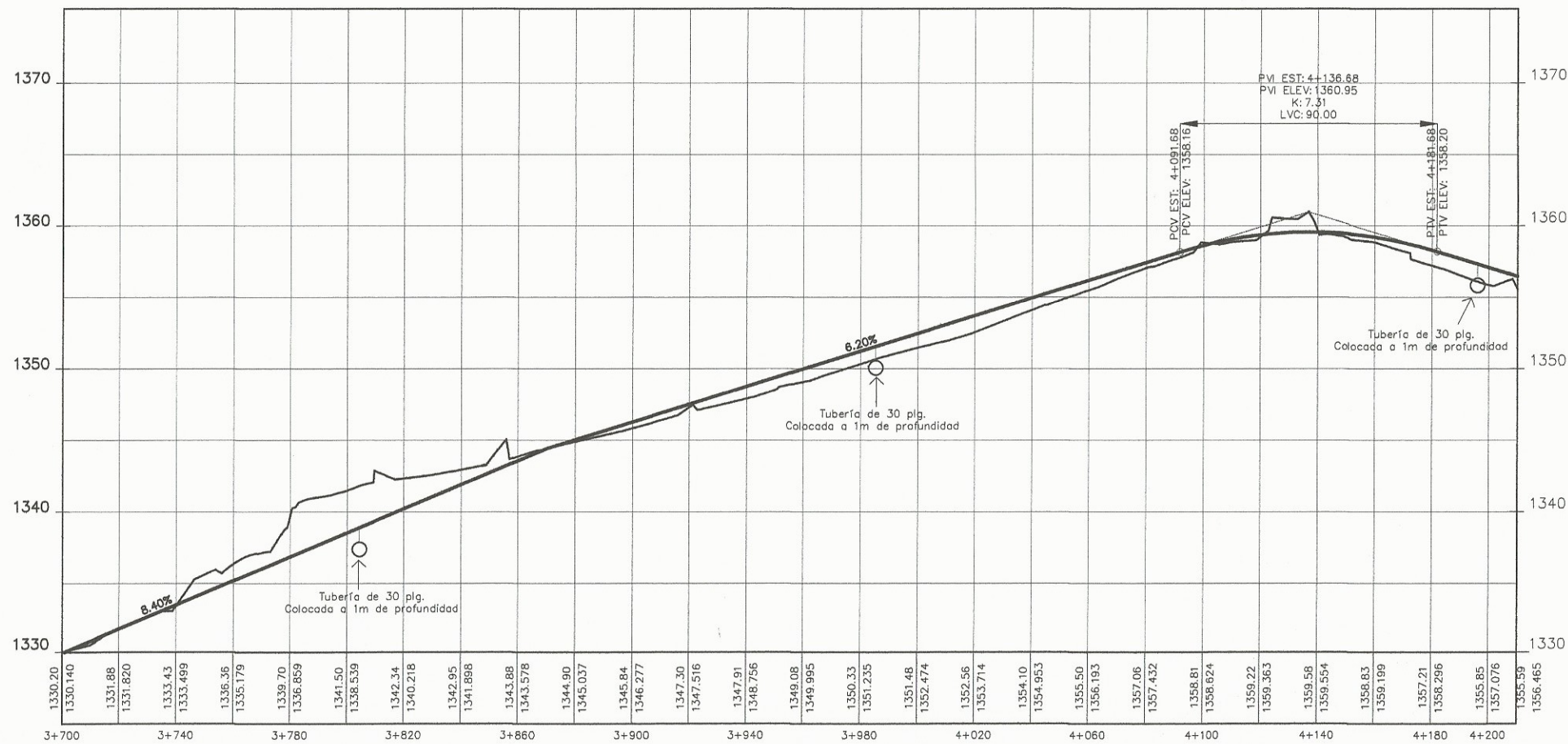


PLANTA

ESCALA 1:1000

LJO CONTROL 1.000

NOMENCLATURA	
E-1	Número de Estación
0+000	Camionamiento Horizontal
C-1	Número de curva Horizontal
Δ	Delta
R	Radio de Curva
G	Grado de Curvatura
E	External
ST	Subtangente
0%	Pendiente del Terreno
o	Tubería Transversal
—	Perfil del Terreno
—	Rasante

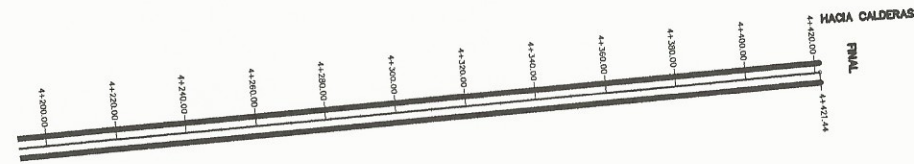


PERFIL

ESCALA HOR. 1:1000 / VERT. 1:200

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

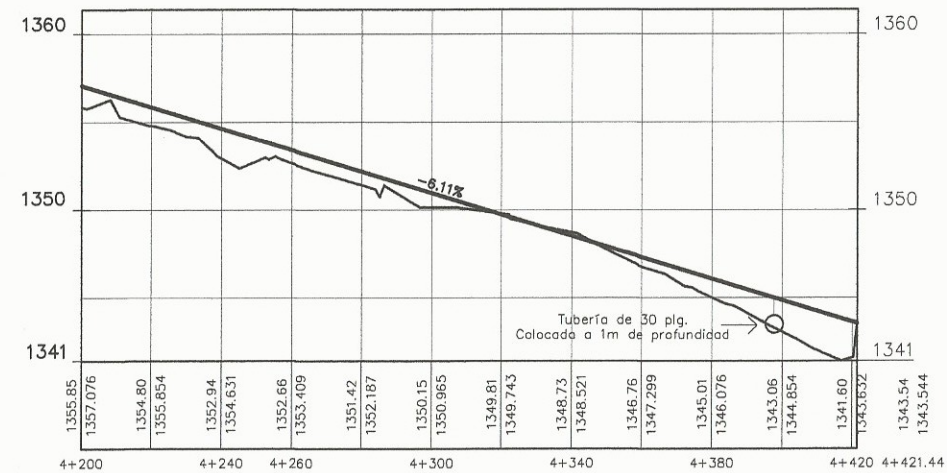
	Proyecto: Diseño de Pavimento de Concreto.		Escala: Planta 1/1000 Perfil 1/200
	Ubicación: Aldea Mesillas Bajas hacia Calderas Amatlán, Guatemala		Fecha: Septiembre 2014
	Contenido: Planta y Perfil 3+700 a 4+200		Hoja: 9 / 19
	F. _____ Ing. Ángel Roberto Sic García		



PLANTA

ESCALA 1:1000

NOMENCLATURA	
E-1	Número de Estación
0+000	Caminamiento Horizontal
C-1	Número de curva Horizontal
Δ	Delta
R	Radio de Curva
G	Grado de Curvatura
E	External
ST	Subtangente
0%	Pendiente del Terreno
o	Tubería Transversal
—	Perfil del Terreno
—	Rasante



PERFIL

ESCALA HOR. 1:1000 / VERT. 1:200

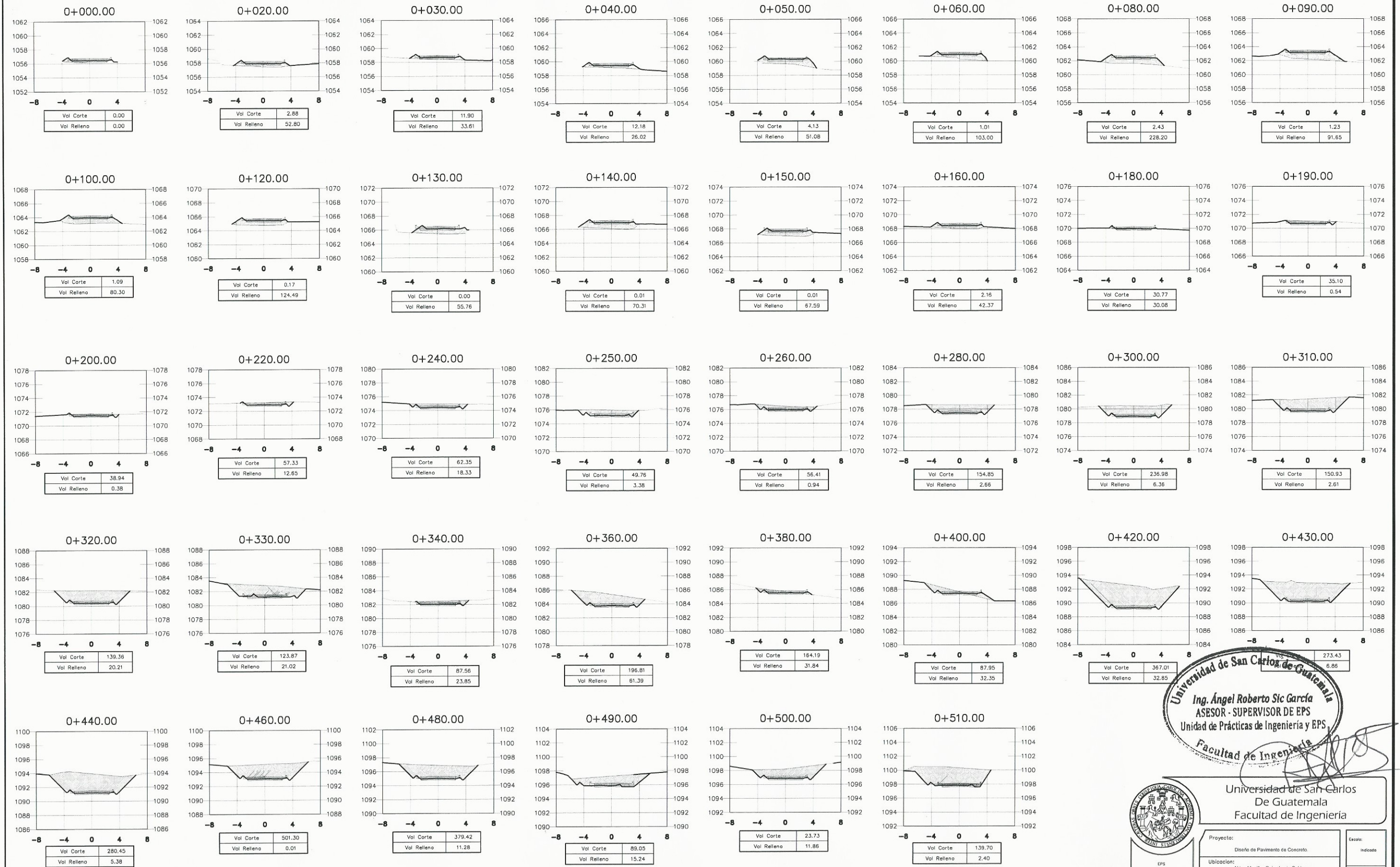


[Handwritten signature]



Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de Ingeniería

EPS Diseñó: KATHERIN P. LINA ESPARA Cálculo: KATHERIN P. LINA ESPARA Dibujo: KATHERIN P. LINA ESPARA	Proyecto: Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala: Planta 1/1000 Perfil 1/200
	Ubicación: Aldoa Mesillas Bajas hacia Calderas Amatitlán, Guatemala	Fecha: Septiembre 2014
	Contenido: Planta y Perfil 4+200 a 4+421.44	Hoja: 10 / 19
	F. _____ Ing. Ángel Roberto Sic García	



SECCIONES TRANSVERSALES

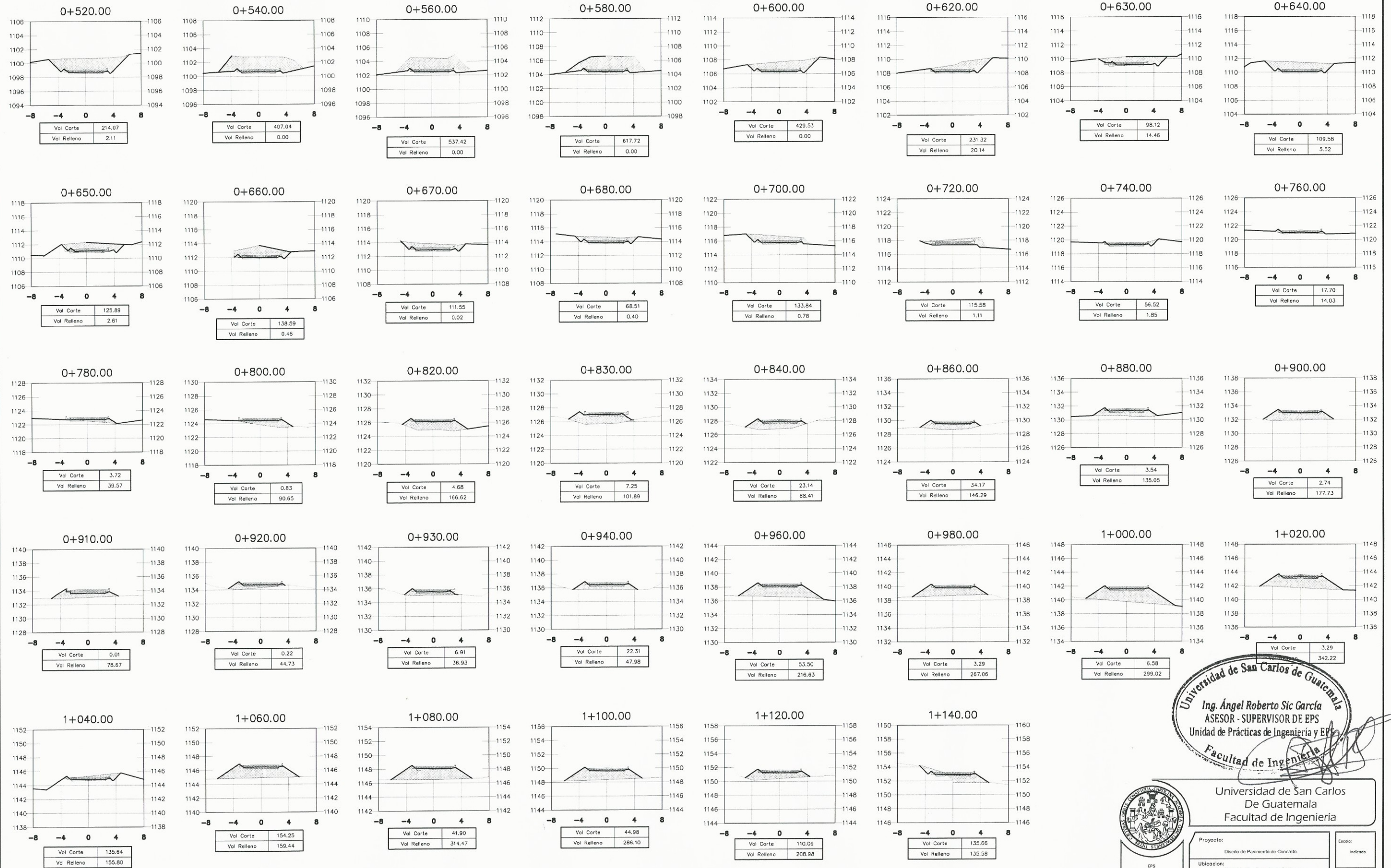
ESCALA 1:250

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Angel Roberto Sic Garcia
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de Ingeniería

Proyecto:	Diseño de Pavimento de Concreto	Escola:	Indicada
Ubicación:	Aldea Mesillas Bajas hacia Calderas Amaltilán, Guatemala	Fecha:	Septiembre 2014
Contenido:	Secciones Transversales 0+000 a 0+510	Hoja:	11 / 19
F:	Ing. Angel Roberto Sic Garcia		



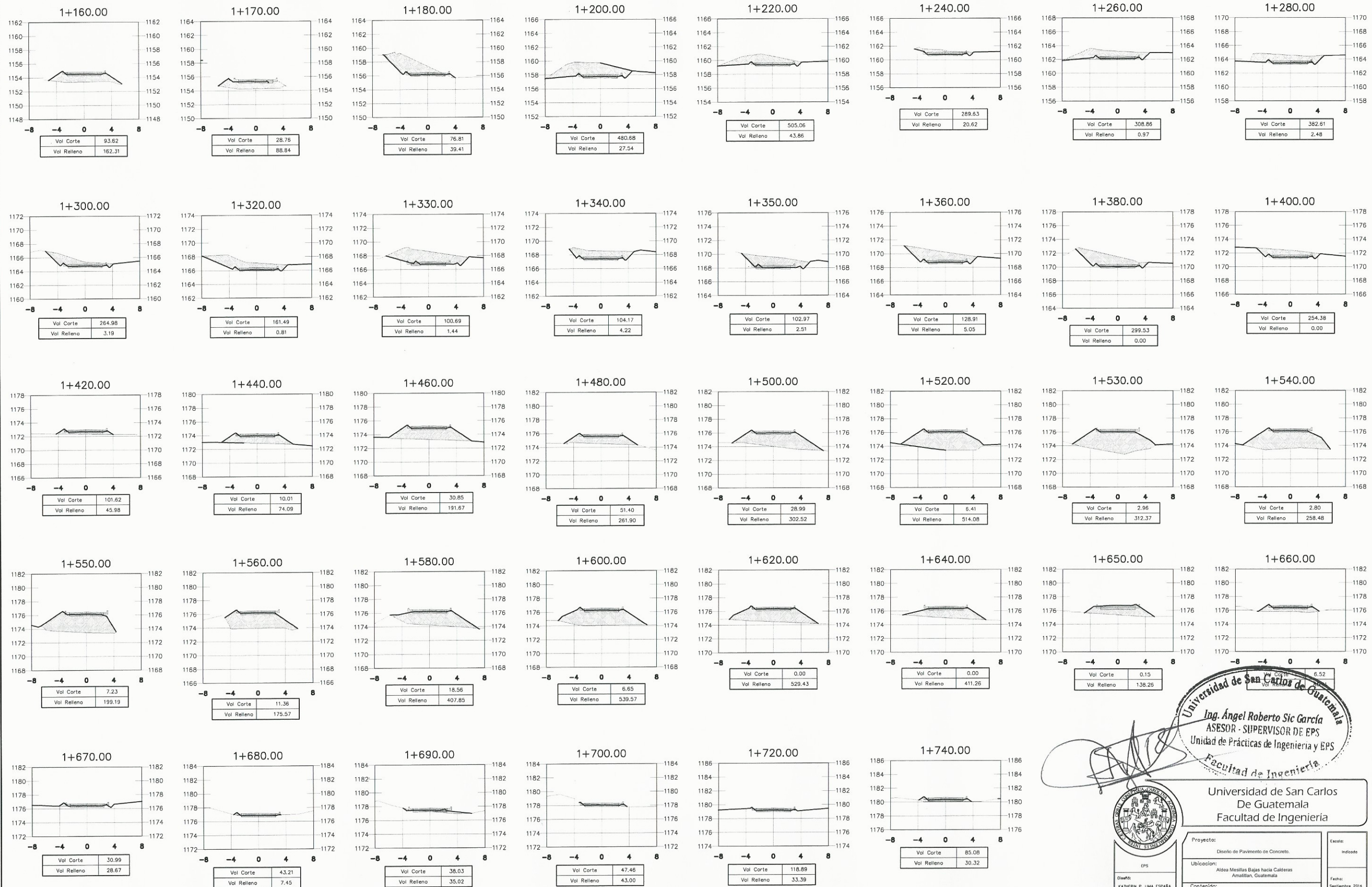
SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA 1:250

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

EPS
 Diseñó: KATHERIN P. LIMA ESPAÑA
 Calculó: KATHERIN P. LIMA ESPAÑA
 Dibujó: KATHERIN P. LIMA ESPAÑA

Proyecto:	Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala:	Indicada
Ubicación:	Avenida Masillas Bajas hacia Cakteras Amalá, Guatemala	Fecha:	Septiembre 2014
Contenido:	Secciones Transversales 0+520 a 1+140	Hoja:	12/19
F.:	Ing. Ángel Roberto Sic García		



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA 1:250

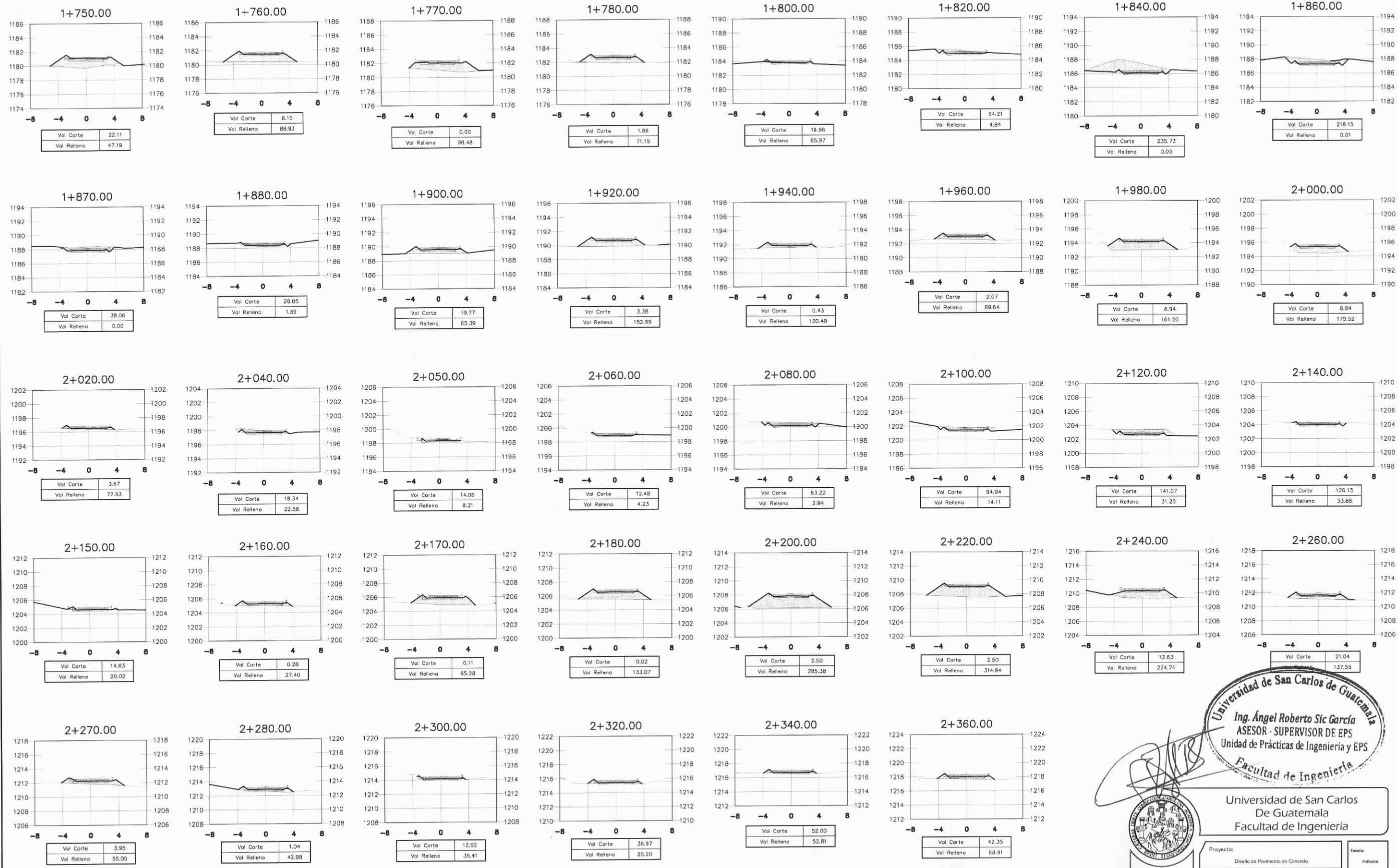
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de Ingeniería

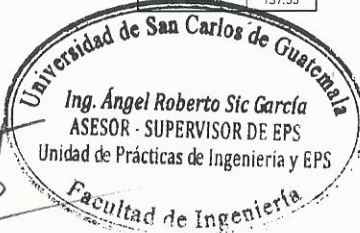
Proyecto: Diseño de Pavimento de Concreto.	Estado: Indicado
Ubicación: Aldea Mesillas Bajas hacia Calderas Amatitlán, Guatemala	Fecha: Septiembre 2014
Contenido: Secciones Transversales 1+160 a 1+740	Hoja: 13 / 19
F. Ing. Ángel Roberto Sic García	

EPS
 Diseñó:
KATHERIN P. LIMA ESPAÑA
 Calculó:
KATHERIN P. LIMA ESPAÑA
 Dibuñó:
KATHERIN P. LIMA ESPAÑA



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA 1:250

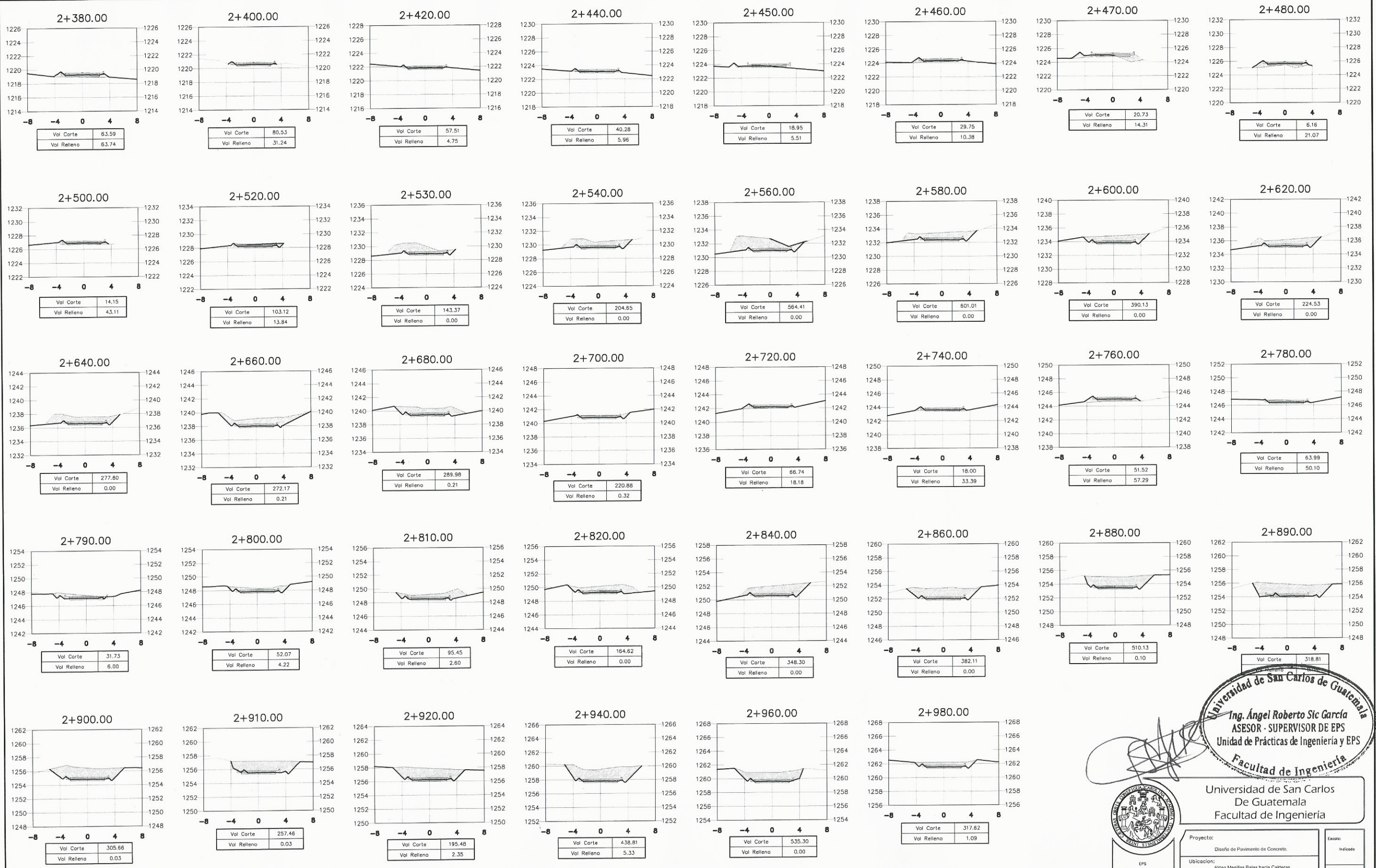


Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



Universidad de Guatemala
 Facultad de Ingeniería

Proyecto:	Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala:	Indicada
Ubicación:	Aldea Mesillas Bajas hacia Calceras Amatitlán, Guatemala	Fecha:	Septiembre 2014
Contenido:	Secciones Transversales 1+750 a 2+360	Hoja:	14 / 19
F.:	Ing. Ángel Roberto Sic García		



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA 1:250



Ing. Ángel Roberto Sic García
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería



Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de Ingeniería

Proyecto:	Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala:	Indicada
Ubicación:	Aleca Mesillas Bajas hacia Calderas Amatlán, Guatemala	Fecha:	Septiembre 2014
Contenido:	Secciones Transversales 2+380 a 2+980	Hoja:	15 / 19
F.:	Ing. Ángel Roberto Sic García		



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA 1:250

Ing. Angel Roberto Sic Garcia
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

EPS
 Diseñó:
 KATHERIN P. LIMA ESPAÑA
 Calculó:
 KATHERIN P. LIMA ESPAÑA
 Dibujó:
 KATHERIN P. LIMA ESPAÑA

Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de Ingeniería

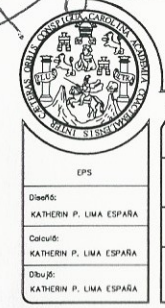
Proyecto: Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala: Indicada
Ubicación: Aldoa Mesillas Bajas hacia Calderas Amatitlan, Guatemala	Fecha: Septiembre 2014
Contenido: Secciones Transversales 2+990 a 3+580	Hojas: 16 / 19
F. <i>Ing. Angel Roberto Sic Garcia</i>	



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA 1:250


Ing. Ángel Roberto Sic García
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de Ingeniería	
Proyecto: Diseño de Pavimento de Concreto.	Estatus: Indicado
Ubicación: Aldea Mesillas Bajas hacia Calderas Amalillán, Guatemala	Fecha: Septiembre 2014
Contenido: Secciones Transversales 3+600 a 4+140	Hoja: 17 / 19
F. _____ Ing. Ángel Roberto Sic García	

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL PAVIMENTO DE CONCRETO

SUB-RASANTE

- El terreno deberá ser compactado hasta alcanzar un 95% de compactación, luego de la compactación el terreno debe estar liso y sin asentamientos según AASHTO T-180 (AASHTO Modificado).
- El contenido de humedad debe estar cercano al 95% de la humedad óptima, la humedad óptima es de 23 %.

BASE

- El espesor de la base debe ser de 15 cm.
- El material selecto utilizado para la sub-base deberá tener un C.B.R. de 90% como mínimo a una compactación mínima del 95%, dicho material deberá ser distribuido y compactado manteniendo el espesor descrito anteriormente, también dicho material deberá estar libre de toda materia orgánica, basura u otro material perjudicial.

CONCRETO PARA LOSAS

- El concreto utilizado debe tener una resistencia mínima a la compresión de $f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$ (4,000 psi) a los 28 días después de su fundición, un módulo de ruptura $M_r = 42 \text{ kg/cm}^2$ y una proporción de 1:1.5:2 lo que corresponde a 10 sacos de cemento, 0.55 m³ de arena, 0.65 m³ de pedrín y 195 litros de agua (52 galones) para un metro cúbico de concreto, por ningún motivo se debe agregar más agua de la cantidad indicada a la mezcla para hacerla más trabajable.
- El cemento utilizado debe ser del tipo I o II según AASHTO M 85-63.
- Los agregados utilizados deben ser de calidad y libres de toda materia orgánica o basuras que puedan dañar el concreto.
- Queda a criterio del contratista aplicar los aditivos que considere necesarios para hacer el concreto más trabajable, para acelerar o retardar el fraguado del concreto.

LOSA DE CONCRETO

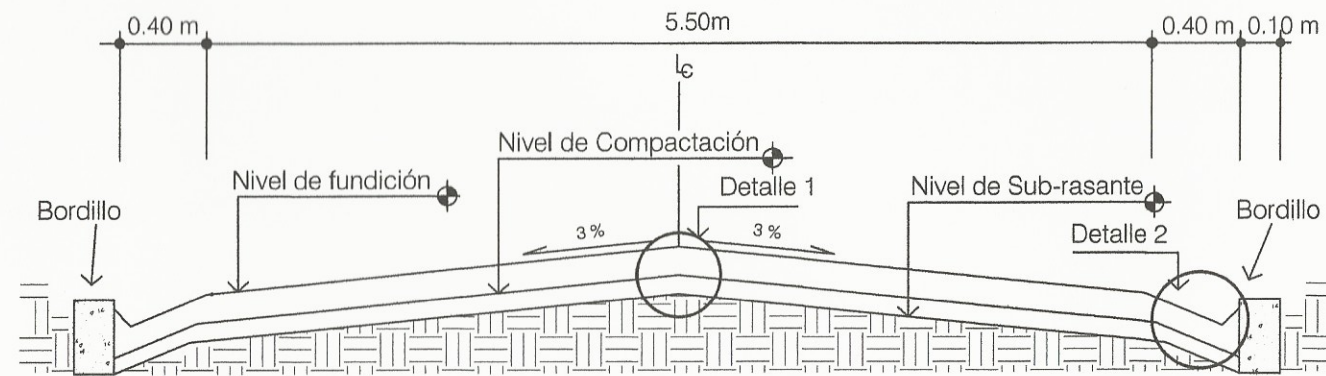
- El espesor de la losa de concreto debe ser de 15 cm.
- Luego de colocado el concreto el mismo debe ser compactado con vibradores.
- Las losas deberán llevar texturizado y la forma de realizarlo quedará a criterio del contratista.
- Una vez fundidas, texturizadas y ranuradas las losas deben ser curadas como mínimo durante los siguientes 7 días de su fundición.
- Luego de fundidas las losas se les debe aplicar antisol.

JUNTAS

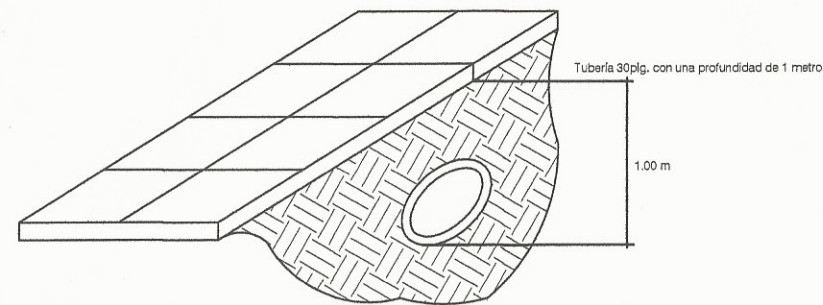
- Las juntas transversales tendrán un espaciamiento de 3 m.
- Al centro de la sección se colocará la junta longitudinal la cual dividirá en dos carriles el ancho de la vía.
- Cuando por algún motivo se paralice la fundición de alguna losa deberá colocarse una junta de trabajo.
- Todas las juntas deben realizarse en un tiempo considerable luego de fundida la losa, debe evitarse realizar las juntas en un tiempo corto o prolongado para evitar desmoronamiento o agrietamiento en la losa, para el área de Amatitlán se considera un período adecuado de 6 a 8 horas después de la fundición.
- Antes de sellar las juntas estas deben ser limpiadas y secadas con aire.
- El material utilizado para el sellado de las juntas será no absorbente ni reactivo.

NOTAS:

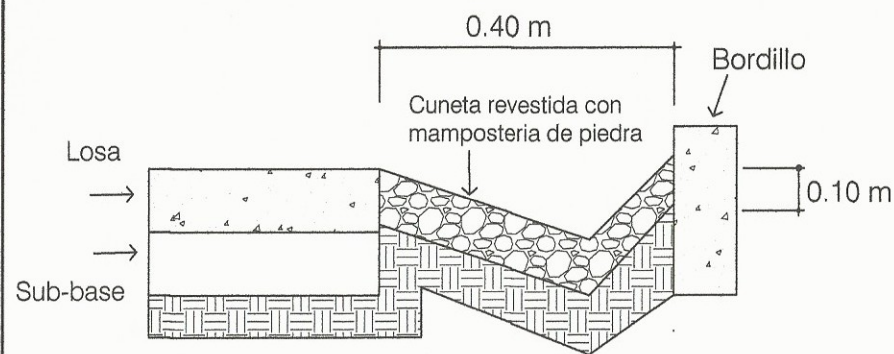
- El ancho de la carpeta de rodadura será de 5.50 m, y deberá ser mayor en los lugares donde el terreno lo permita.
- El ancho de las cunetas será de 40 cm y el espesor de las paredes de las mismas será de 10 cm pudiendo variar a conveniencia del ejecutor.
- El bombeo de la calzada debe ser de 3 %.



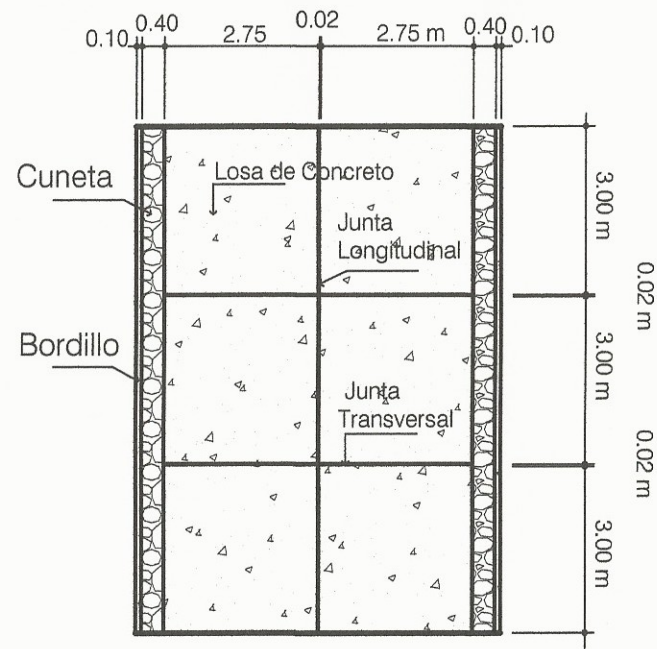
DETALLE DE SECCION
Sin escala



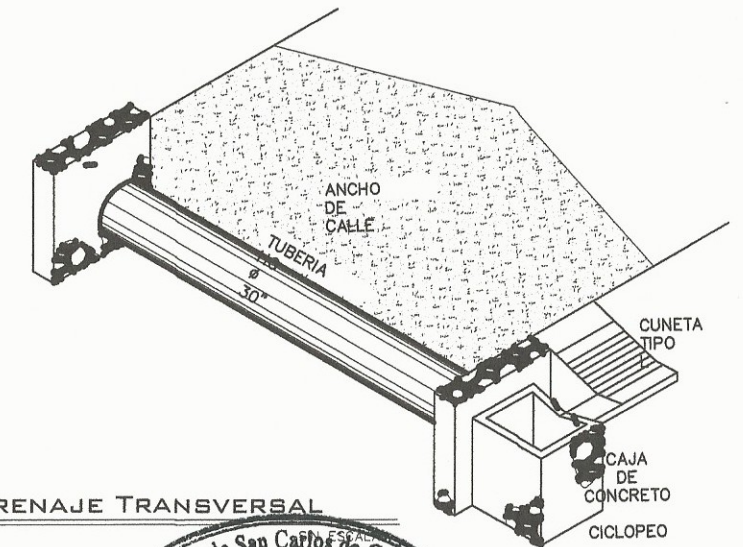
DETALLE DE DRENAJE TRANSVERSAL
SIN ESCALA



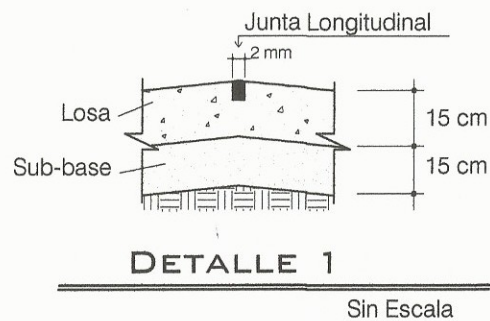
DETALLE 2
Sin escala



PLANTA DE PLANCHAS DE CONCRETO
Sin escala

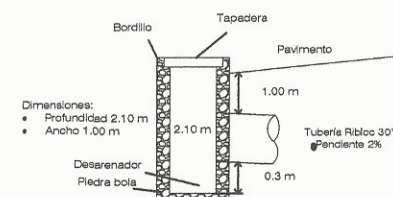


DETALLE DE DRENAJE TRANSVERSAL



DETALLE 1
Sin Escala

PERFIL CAJA DE ALIVIO

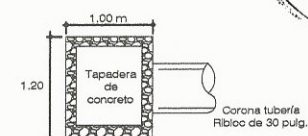


Dimensiones:
• Profundidad 2.10 m
• Ancho 1.00 m

2.10 m
1.00 m
0.3 m

DETALLE DE DRENAJE TRANSVERSAL

PLANTA DE CAJA



SIN ESCALA

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Ángel Roberto Sic García
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

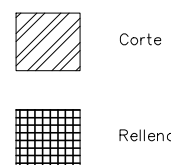
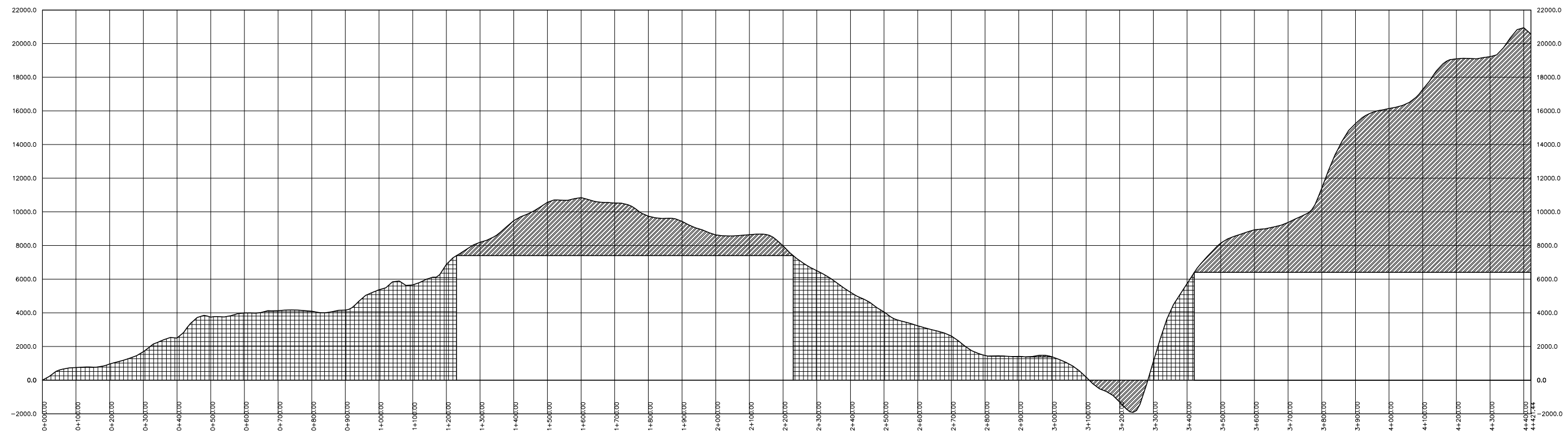


Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de Ingeniería

Proyecto:	Diseño de Pavimento de Concreto.	Escala:	Indicada
Ubicación:	Aldea Mesillas Bajas hacia Calderas Amelitan, Guatemala	Fecha:	Septiembre 2014
Contenido:	Detalles y Especificaciones	Hoja:	19 / 19
Diseño:	KATHERIN P. LIMA ESPARÁ	F.:	Ing. Ángel Roberto Sic García
Calificación:	KATHERIN P. LIMA ESPARÁ		
Dibujó:	KATHERIN P. LIMA ESPARÁ		

DETALLES

DIAGRAMA DE BALANCE DE MASAS



ANEXOS

Se adjuntan ensayos de suelo y tablas de diseño para carreteras

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS CARRETERAS EN ESTADO FINAL												
T.P.D.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VIA (m)	RADIO MÍNIMO (m)	PENDIENTE MÁXIMA (m)	DISTANCIA VISIB PARADA *		DISTANCIA VISIB PASO	
				CORTE (m)	RELLENO (m)				MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)	MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)
3000 A 5000	TIPO "A"		2 * 7.20	25.00	24.00	50.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
1500 A 3000	TIPO "B"		7.20	13.00	12.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
900 A 1500	TIPO "C"		6.50	12.00	11.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
500 A 900	TIPO "D"		6.00	11.00	10.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
100 A 500	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10 A 100	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

ESTRUCTURAS:	CARGA	H-15-S-12	NOTAS:
	ALTURA LIBRE	4.75 m	
	ANCHO RODADURA	7.90 m	
ESFUERZOS UNITARIOS	CONCRETO CLASE "A"		1) T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario 2) La sección típica para carreteras tipo "A", incluye isla central de 1.5 m de ancho. 3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carretera, con excepción de la tipo "A", en donde el ancho es doble. 4) La calidad de la capa de recubrimiento para calzada podrá ser para carreteras Tipo "A": Hormigón, Concreto asfáltico(caliente o frío) o tratamiento superficial Múltiple; para tipo "B" y "C" Concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial doble; para tipo "D":Trat. Sup. Doble; para tipo "E", Trat. Sup. Simple, y para tipo "F": Recubrimiento de material selecto.
	ACERO DE REFUERZO		
	ACERO ESTRUCTURAL		
	* DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA= LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL		

Fuente: Dirección General de Caminos

VALORES DE DISEÑO PARA SOBRE-ANCHOS DE PAVIMENTO EN CURVAS PARA CARRETERAS DE DOS VIAS

ANCHO CALZADA		TIPICA "E" 5.50			TIPICA "D" 6.00								TIPICA "C" 6.50								TIPICA "B" 7.20					
VELOCIDADES		30	40	50	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70
GRADO DE CURVATURA	1°	0.60	0.60	0.60	AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	0.60	AN	AN	AN	AN
	2°	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	AN	AN	AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60		AN	AN	AN	AN
	3°	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	0.70			AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60			AN	AN	AN	AN
	4°	0.60	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.70	0.70	0.80				AN	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60				AN	AN	AN	AN
	5°	0.70	0.70	0.80	0.60	0.60	0.70	0.80	0.90					0.60	0.60	0.60	0.60	0.60					AN	AN	AN	AN
	6°	0.80	0.80	0.90	0.60	0.70	0.80	0.90						0.60	0.60	0.60	0.70						AN	AN	AN	AN
	7°	0.80	0.90	1.00	0.70	0.80	0.80	0.90						0.60	0.60	0.60	0.70						AN	AN	AN	0.6
	8°	0.90	1.00	1.00	0.80	0.80	0.90							0.60	0.60	0.70							AN	AN	0.60	
	9°	0.90	1.00	1.10	0.80	0.90	1.00							0.60	0.70	0.80							AN	0.60	0.60	
	10°	1.00	1.10	1.20	0.90	1.00	1.10							0.70	0.80	0.90							AN	0.60	0.60	
	11°	1.00	1.10	1.20	0.90	1.00								0.70	0.80								0.60	0.60		
	12°	1.10	1.20	1.30	1.00	1.10								0.80	0.90								0.60	0.60		
	13°	1.10	1.20	1.30	1.00	1.10								0.80	0.90								0.60	0.60		
	14°	1.20	1.30	1.40	1.10	1.20								0.90	1.00								0.60	0.60		
	15°	1.20	1.40	1.50	1.20	1.20								1.00	1.10								0.60	0.70		
	16°	1.30	1.40		1.20									1.00									0.60			
	17°	1.30	1.50		1.30									1.10									0.70			
	18°	1.40	1.50		1.30									1.10									0.70			
	19°	1.40	1.60		1.40									1.20									0.80			
	20°	1.50	1.60		1.40									1.20									0.80			
	21°	1.50	1.70		1.50									1.30									0.90			
	22°	1.60	1.70		1.50									1.30									0.90			
	23°	1.60	1.80		1.60									1.40									1.00			
	24°	1.70	1.80		1.60									1.40									1.00			
	25°	1.70			1.60																					
	26°	1.80			1.60																					
	27°	1.80			1.60																					
	28°	1.90			1.60																					
	29°	1.90			1.60																					
	30°	2.00			1.60																					
	31°	2.00			1.60																					
	32°	2.10			1.60																					
	33°	2.10			1.60																					
	34°	2.20			1.70																					
	35°	2.20			1.70																					
	36°	2.30			1.80																					
	37°	2.30			1.80																					
	38°	2.40			1.90																					

1.- LOS SOBREANCHOS FUERON CALCULADOS DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE LA AASHO

2.- EL SOBREANCHO SE REPARTIRA PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DEBIENDO SER EL PC O PT EL PUNTO MEDIO DE DICHA ESPIRAL

3.-SOBRE LAS LINEAS HORIZONTALES LOS VALORES CALCULADOS FUERON MENORES DE 0.60 m. PERO MAYORES QUE 0.30m., EN CASO DE SER MENORES DE 0.30 m. NO SE USARA

SOBREANCHO.-

4.- PARA ANCHO DE CALZADA DE 7.20m., Y VELOCIDADES MAYORES DE 70 KPH LAS CURVAS NO SERAN SOBREANCHADAS

5.- ANCHOS DE CALZADA Y SOBREANCHOS EN METROS. VELOCIDADES EN KPH= KILOMETROS POR HORA.

6.- AN= ANCHO NORMAL

Leiscod

Leiscod

Leiscod

VELOCIDAD		30			40			50			60			70			80			90			100			110			120												
G°	RADIO	Db=27		l:125		Db=30		l:140		Db=33		l:155		Db=37		l:170		Db=40		l:185		Db=43		l:200		Db=46		l:215		Db=50		l:230		Db=53		l:245		Db=56		l:260	
		e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ				
1°	1145.92	BN	17	0°51'	BN	23	1°09'	BN	28	1°24'	1.4	34	1°42'	1.9	39	1°57'	2.5	45	2°15'	3.1	50	2°30'	3.8	56	2°48'	4.7	62	3°06'	5.5	67	3°21'										
2°	572.96	BN	17	1°42'	BN	23	2°18'	1.9	28	2°48'	2.8	34	3°24'	3.8	39	3°54'	4.9	45	4°30'	6.2	51	5°06'	7.7	64	6°24'	9.0	79	7°54'	9.9	94	9°24'										
3°	381.97	BN	17	2°33'	BN	23	3°27'	2.9	28	4°12'	4.1	34	5°06'	5.6	40	6°00'	7.3	53	7°57'	8.9	69	10°21'	9.9	83	12°27'																
4°	286.48	1.4	17	3°24'	2.5	23	4°36'	3.8	28	5°36'	5.5	35	7°00'	7.47	49	9°48'	9.1	65	13°00'	10.00	77	15°24'																			
5°	229.18	1.7	17	4°15'	3.1	23	5°45'	4.8	28	7°00'	6.8	42	10°30'	8.7	58	14°30'	9.9	71	17°45'																						
6°	190.99	2.1	17	5°06'	3.7	23	6°54'	5.8	32	9°36'	7.9	48	14°24'	9.6	64	19°12'																									
7°	163.70	2.4	17	5°57'	4.3	24	8°24'	6.6	37	12°57'	8.8	54	18°54'	10.00	67	23°27'																									
8°	143.24	2.8	17	6°48'	4.9	25	10°00'	7.4	41	16°24'	9.4	58	23°12'																												
9°	127.32	3.1	17	7°39'	5.5	28	12°36'	8.1	45	20°15'	9.8	60	27°00'																												
10°	114.59	3.5	17	8°30'	6.1	31	15°30'	8.7	49	24°30'	10.00	61	30°30'																												
11°	104.17	3.8	17	9°21'	6.6	33	18°09'	9.1	51	28°03'																															
12°	95.49	4.2	19	11°24'	7.1	36	21°36'	9.5	53	31°48'																															
13°	88.15	4.5	20	13°00'	7.6	38	24°42'	9.8	55	35°45'																															
14°	81.85	4.8	22	15°24'	8.0	40	28°00'	9.9	56	39°12'																															
15°	76.39	5.2	23	17°15'	8.4	42	31°30'	10.00	56	42°00'																															
16°	71.62	5.5	25	20°00'	8.7	44	35°12'																																		
17°	67.41	5.8	26	22°06'	9.0	45	38°15'																																		
18°	63.66	6.1	27	24°18'	9.3	47	42°18'																																		
19°	60.31	6.4	29	27°33'	9.5	48	45°36'																																		
20°	57.30	6.7	30	30°00'	9.7	49	49°00'																																		
21°	54.57	7.0	32	33°36'	9.8	49	51°27'																																		
22°	52.09	7.2	32	35°12'	9.9	50	55°00'																																		
23°	49.82	7.5	34	39°06'	10.0	50	57°30'																																		
24°	47.75	7.8	35	42°00'	10.0	50	60°00'																																		
25°	45.84	7.9	36	45°00'																																					
26°	44.07	8.1	37	48°06'																																					
27°	42.44	8.3	37	49°57'																																					
28°	40.93	8.5	38	53°12'																																					
29°	39.51	8.7	39	56°33'																																					
30°	38.20	8.9	40	60°00'																																					
31°	36.97	9.0	41	63°33'																																					
32°	35.81	9.2	41	65°36'																																					
33°	34.73	9.3	42	69°18'																																					
34°	33.70	9.4	42	71°24'																																					
35°	32.74	9.5	43	75°15'																																					
36°	31.83	9.6	43	77°24'																																					
37°	30.97	9.7	44	81°24'																																					
38°	30.16	9.8	44	83°36'																																					

PERALTE RECOMENDADO, MINIMAS LONGITUDES DE TRANSICION Y DELTAS MINIMOS

- 1.- EL PERALTE FUE CALCULADO SEGÚN EL METODO "4" RECOMENDADO POR LA AASHO
- 2.- EL PERALTE SE REPARTIRA PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DEBIENDO SER EL PC o PT EL PUNTO MEDIO DE DICHA ESPIRAL
- 3.- EN LAS CURVAS CON PERALTE CALCULADO MENOR QUE LA PENDIENTE DEL BOMBEO SE RECOMIENDA USAR COMO PERALTE LA PENDIENTE DEL BOMBEO
- 4.- EL PASO DEL BOMBEO AL 0% EN EL PRINCIPIO o FINAL DE LA ESPIRAL (TS o ST) DEBE HACERSE PROPORCIONALMENTE A LA DISTANCIA, SE CALCULA EN BASE AL BOMBEO, EL ANCHO DEL ASFALTO Y LA MITAD DE LA PENDIENTE DE DESARROLLO DEL PERALTE SIN EMBARGO SE RECOMIENDA USAR LAS QUE APARECEN EN ESTE CUADRO QUE SON ALAS CORRESPONDIENTES A UN BOMBEO DE 3%, UN ANCHO ASFALTICO DE 7.20 m. Y LA MITAD DE LAS PENDIENTES INDICADAS.
- 5.- LAS LONGITUDES DE ESPIRAL FUERON CALCULADAS SEGÚN LAS PENDIENTES DE DESARROLLO DEL PERALTE INDICADAS ARRIBA Y RECOMENDADAS POR AASHO.
- 6.- LOS MINIMOS VALORES DE LONGITUD DE ESPIRAL SON LOS CORRESPONDIENTES A LAS DISTANCIAS RECORRIDAS EN 2 SEGUNDOS A LA VELOCIDAD DE DISEÑO.
- 7.- VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

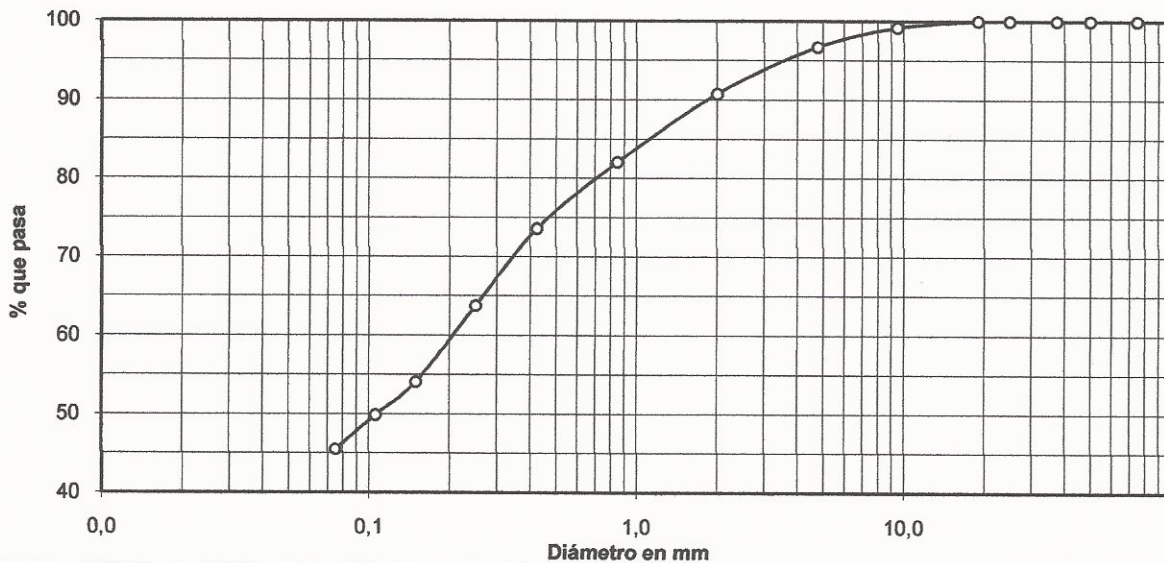


INFORME No. 263 S.S.

O.T. No. 32.777

Interesado: Katherin Paola Lima España
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo
 Norma: ASTM D6913-04
 Proyecto: EPS "Diseño de la Carretera y Pavimento de la Aldea Mesillas Bajas Hacia la Aldea de Calderas, Amatitlán, Guatemala"
 Ubicación: Amatitlán, Guatemala
 Fecha: Martes, 29 de Abril de 2014 Muestra: 1

Análisis con Tamices:					
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100,00	10	2.00 mm	90,74
2"	50 mm	100,00	20	850 μ m	82,05
1 1/2"	37.5 mm	100,00	40	425 μ m	73,59
1"	25 mm	100,00	60	250 μ m	63,75
3/4"	19.0 mm	100,00	100	150 μ m	54,07
3/8"	9.5 mm	99,18	140	106 μ m	49,84
4	4.75 mm	96,68	200	75 μ m	45,49



Descripción del suelo: Arena Limosa Color Café Oscuro

Clasificación: S.C.U.: SM
 P.R.A.: A-4

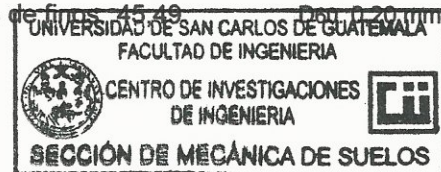
% de Grava: 3,32 D10: *
 % de Arena: 51,19 D30: *
 % de Fines: 45,49 D₆₀: 0,20 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

* Diámetro efectivo no aplica

Atentamente,

Vo. Bo.
 Inga. Telma Maricela Cano Morales
 DIRECTORA CII/USAC



Omar E. Medrano Méndez
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 262 S.S.

O.T.: 32.777

Interesado: Katherin Paola Lima España

Proyecto: EPS "Diseño de la Carretera y Pavimento de la Aldea Mesillas Bajas Hacia la Aldea de Calderas, Amatitlán, Guatemala"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Amatitlán, Guatemala

FECHA: Martes, 29 de Abril de 2014

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	36,3	5,9	ML	Arena Limosa Color Café Oscuro

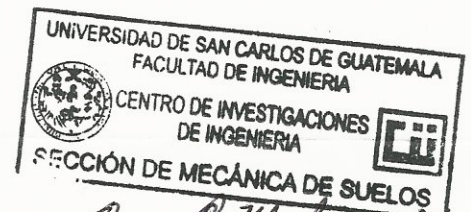
(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



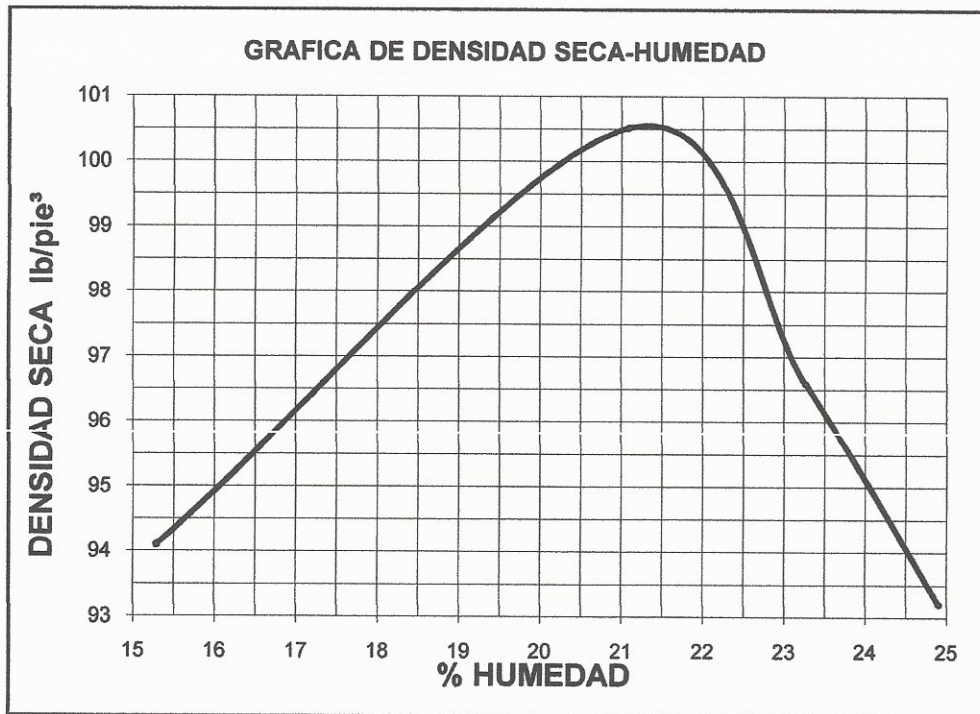
INFORME No. 264 S.S.

O.T.: 32.777

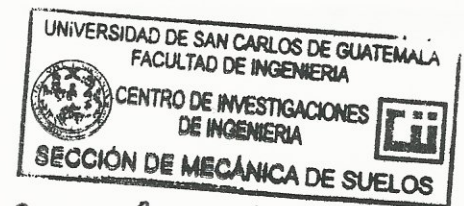
Interesado: Katherin Paola Lima España
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.
Proyecto: EPS "Diseño de la Carretera y Pavimento de la Aldea Mesillas Bajas Hacia la Aldea de Calderas, Amatitlán, Guatemala"

Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

Ubicación: Amatitlán, Guatemala
Fecha: Martes, 29 de Abril de 2014



Descripción del suelo: Arena Limosa Color Café Oscuro
Densidad seca máxima γ_d : 1.610,33 Kg/m³ 100,52 lb/ft³
Humedad óptima H_{op} : 21,40 %
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.
Atentamente,



Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Omar Enrique Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



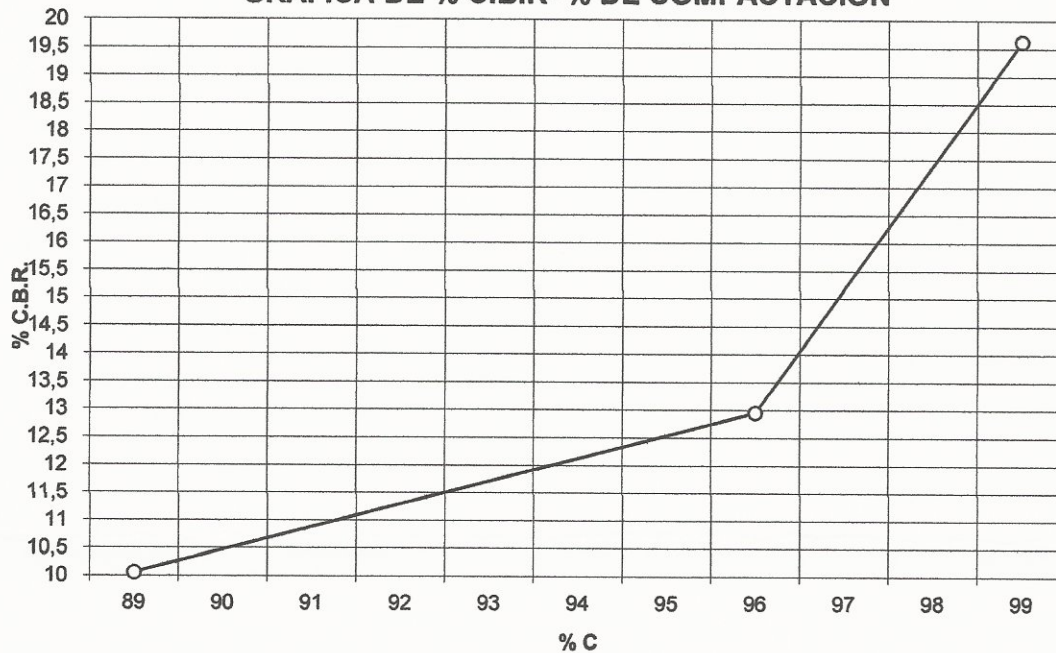
INFORME No. 265 S.S.

O.T. No. 32.777

Interesado: Katherin Paola Lima España
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "Diseño de la Carretera y Pavimento de la Aldea Mesillas Bajas Hacia la Aldea de Calderas, Amatitlán, Guatemala"
 Ubicación: Amatitlán, Guatemala
 Descripción del suelo: Arena Limosa Color Café Oscuro
 Fecha: Martes, 29 de Abril de 2014

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (Lb/pie ³)			
1	10	21,40	89,86	89,4	0,94	10,06
2	30	21,40	96,92	96,4	0,81	12,95
3	65	21,40	100,08	99,6	0,68	19,63

GRAFICA DE % C.B.R.- % DE COMPACTACION



Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

